

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07009258 A**

(43) Date of publication of application: **13.01.95**

(51) Int. Cl. **B23H 1/02**  
**B23H 7/14**  
**H03H 7/40**

(21) Application number: **05162803**

(22) Date of filing: **30.06.93**

(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**

(72) Inventor: **MAGARA TAKUJI**

(54) **METHOD AND DEVICE FOR ELECTRIC DISCHARGE MACHINING, ELECTROSTATIC CAPACITANCE DEVICE AND INDUCTANCE VARYING DEVICE BOTH APPLICABLE THERETO**

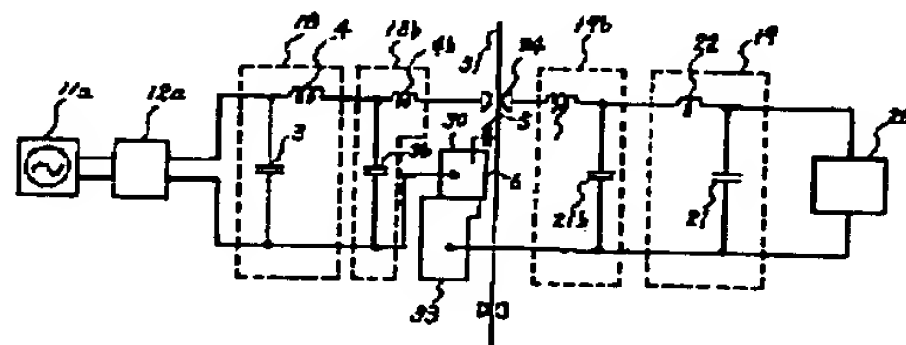
(57) Abstract:

PURPOSE: To provide an electric discharge processing device which removes the influence of the electrostatic capacitance produced on a feeder cable for high speed processing in the inter-electrode part and/or between electrode and the work to be processed, performs a stable specular processing lying under a specific roughness, and ensures great improvement of the performance associate with the costs.

CONSTITUTION: This device(s) includes a power supply 20 for high speed processing which supplies a high peak current, an AC high frequency power supply 11a which generates an AC high frequency wave of 7-30MHz, a matching circuit 12a to perform impedance matching for the processing gap during discharging, and a low capacitance feeder cable 18 for AC high frequency processing and a low inductance feeder cable 19 for high speed processing connected directly between electrode and a work to be processed. An AC high frequency current of 7-30MHz is supplied from the low capacitance feeder cable 18 in the condition that the impednace matching is made for the processing gap during

discharging at the stage of finish processing, and thereby the processing is carried out in such a manner that the electrostatic energy of the low inductance feeder cable 19 will not be released to inter-electrode space.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-9258

(43)公開日 平成7年(1995)1月13日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 H	1/02	C 9239-3C		
	7/14	A 9239-3C		
H 0 3 H	7/40	9184-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 28 頁)

(21)出願番号 特願平5-162803

(22)出願日 平成5年(1993)6月30日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 真柄 卓司

名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱

電機株式会社名古屋製作所内

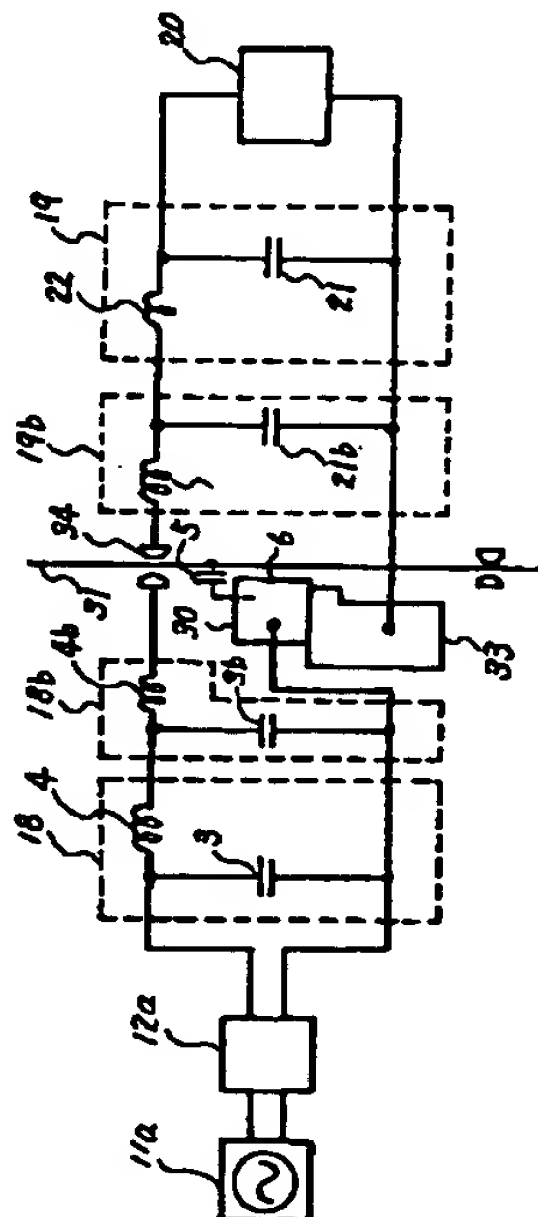
(74)代理人 弁理士 高田 守

(54)【発明の名称】 放電加工方法及びその装置、並びにこの放電加工装置に適用可能な、静電容量可変装置及びインダクタンス可変装置

(57)【要約】

【目的】 極間部における高速加工用給電線や電極・工作物間に形成される静電容量の影響を除去し、 $0.5\mu\text{mRmax}$ 以下の安定した鏡面加工を行なうとともに、操作性、コスト面での性能を大幅に改善した放電加工装置を得る。

【構成】 高ピーク電流を供給する高速加工用電源20と、 $7\text{MHz}\sim 30\text{MHz}$ の交流高周波を発生させる交流高周波電源11と、放電中の加工間隙に対してインピーダンス整合を行う整合回路12と、電極・工作物間に直接接続される高速加工用の低インダクタンス給電線19および交流高周波加工用の低キャパシタンス給電線18を有するものである。そして、仕上加工において放電中の加工間隙に対してインピーダンス整合を行った状態にて該低キャパシタンス給電線から $7\text{MHz}\sim 30\text{MHz}$ の交流高周波電流を供給することにより、該高速加工用低インダクタンス給電線の静電エネルギーが極間に放出されないよう加工を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電極と被加工物との間に形成される極間に、高速加工用給電線を通じて高ピーク電流を供給して高速加工を行うとともに、前記極間に、交流高周波加工用給電線を通じて交流高周波電流を供給して仕上げ加工を行う放電加工方法において、仕上げ加工時に、極間に接続されている高速加工用給電線の静電容量の影響を抑制するよう、極間に対してインピーダンス整合を行うことを特徴とする放電加工方法。

【請求項2】 電極と被加工物との間に形成される極間に高ピーク電流を供給して高速加工を行うとともに、前記極間に交流高周波電流を供給して仕上げ加工を行う放電加工装置において、一端が電極及び工作物に各々電氣的接続される高速加工用給電線と、一端が電極及び工作物に各々電氣的接続される交流高周波加工用給電線と、高速加工時に上記極間に前記高速加工用給電線を通じて高ピーク電流を供給する高速加工用電源と、仕上加工時に極間に前記交流高周波加工用給電線を通じて交流高周波電流を供給する交流高周波加工用電源と、仕上加工時に電極及び工作物に各々電氣的接続されている高速加工用給電線の静電容量の影響を抑制するよう、極間に対しインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路とを備えてなる放電加工装置。

【請求項3】 電極と被加工物との間に形成される極間に高ピーク電流を供給して高速加工を行うとともに、前記極間に交流高周波電流を供給して仕上げ加工を行う放電加工装置において、一端が電極及び工作物に各々電氣的接続される高速加工用給電線と、一端が電極及び工作物に各々電氣的接続される交流高周波加工用給電線と、高速加工時に上記極間に前記高速加工用給電線を通じて高ピーク電流を供給する高速加工用電源と、仕上加工時に極間に前記交流高周波加工用給電線を通じて交流高周波電流を供給する約7～30MHzの交流高周波加工用電源と、仕上加工時に電極及び工作物に各々電氣的接続されている高速加工用給電線の静電容量の影響を抑制するよう、極間に対しインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路とを備えてなる放電加工装置。

【請求項4】 電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、該直流パルス電源と極間との間に、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流が発生しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路を設けたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項5】 電極と被加工物との間に形成される極間に両極性パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、該両極性パルス電源と極間との間に、一方の極性における放電発生後の直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流が発生しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行うイン

ピーダンス整合回路を設けたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項6】 電極と被加工物との間に形成される極間に両極性パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、該両極性パルス電源と極間との間に、一方の極性における放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断し、方形波電流が継続しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路を設けたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項7】 インピーダンス整合回路を、両方の極性に対しておのおの独立して設けたことを特徴とする請求項5または請求項6に記載の放電加工装置。

【請求項8】 電極と被加工物との間に形成される極間に、交流高周波電圧を印加しつつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、複数のコンデンサと、少なくとも1個のコイルと、前記複数のコンデンサを切り換えインピーダンス整合を行う切り換え手段とを備える構成としたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項9】 電極と被加工物との間に形成される極間に、電圧を印加しつつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、プリント基板上のパターンにて形成した複数の静電容量と、少なくとも1個のコイルと、前記複数の静電容量を切り換え、インピーダンス整合を行う切り換え手段とを備える構成としたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項10】 電極と被加工物との間に形成される極間に、電圧を印加しつつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、複数のケーブルにて形成した複数の静電容量と、少なくとも1個のコイルと、前記複数の静電容量を切り換えインピーダンス整合を行う切り換え手段とを備える構成としたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項11】 インピーダンス整合回路における複数の静電容量の値が、ほぼ係数が2の等比級数値を取るようにしたことを特徴とする請求項8～請求項10の何れかに記載の放電加工装置。

【請求項12】 インピーダンス整合回路における複数の静電容量を切り換える切り換え手段の静電容量の影響を補正する量だけ、インピーダンス整合回路における複数の静電容量のおおのの値を増大した値に設定することを特徴とする請求項8～請求項11の何れかに記載の放電加工装置。

【請求項13】 電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧または両極性パルス電圧を印加しつ

3

つ加工を行う放電加工装置において、該直流パルス電圧または両極性パルス電圧を供給する電源と極間との間に設けられたインピーダンス整合回路と、該インピーダンス整合回路に直列に挿入され、該インピーダンス整合回路全体の接続・切り離しを行うスイッチング素子と、該インピーダンス整合回路とスイッチング素子からなる直列回路に対して並列に接続されたバイパス回路とを備えてなる放電加工装置。

【請求項 14】 電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧または両極性パルス電圧を印加しつ  
10 つ加工を行う放電加工装置において、該直流パルス電圧または両極性パルス電圧を供給する電源と極間との間に設けられたインピーダンス整合回路と、該インピーダンス整合回路に並列に接続されたバイパス回路と、該バイパス回路に直列に挿入され、該バイパス回路全体の接続・切り離しを行うスイッチング素子とを備えてなる放電加工装置。

【請求項 15】 電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧を印加しつ加工を行う放電加工装置において、抵抗とインダクタンスの直列回路を、極間  
20 に対して並列に挿入したことを特徴とする放電加工装置。

【請求項 16】 電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧を印加しつ加工を行う放電加工装置において、抵抗とインダクタンスの直列回路を、極間  
に対して並列に挿入するとともに、該直流パルスを供給するためのスイッチング素子を高周波スイッチングするための駆動手段を設け、所定時間の高周波にてオン・オフ動作を繰り返したのちに、所定時間の休止時間を設けて加工を行うことを特徴とする放電加工装置。

【請求項 17】 電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧を印加しつ加工を行う放電加工装置において、抵抗とインダクタンスとスイッチング素子  
からなる直列回路を、極間に対して並列に挿入し、前記スイッチング素子を、放電後にオンすることを特徴とする放電加工装置。

【請求項 18】 電極と被加工物との間に形成される極間に、電圧を印加しつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、プリント基板上のパターンにて形成した複数の  
40 インダクタンスと、前記複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段とを備える構成としたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項 19】 電極と被加工物との間に形成される極間に、電圧を印加しつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、複数のケーブルにて形成した複数のインダク  
50 タンスと、該複数のインダクタンスを切り換える切り換え

4

手段とを備える構成としたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項 20】 インピーダンス整合回路における複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段のインダクタンスの影響を補正する量だけ、インピーダンス整合回路における複数のインダクタンスのおおのの値を減少した値に設定することを特徴とする請求項 18 または請求項 19 に記載の放電加工装置。

【請求項 21】 複数の静電容量を切り換えることにより、静電容量の変更を行う静電容量可変装置において、プリント基板上のパターンにて形成した複数の静電容量と、前記複数の静電容量を切り換える切り換え手段とを備える構成としたことを特徴とする静電容量可変装置。

【請求項 22】 複数の静電容量を切り換えることにより、静電容量の変更を行う静電容量可変装置において、複数のケーブルにて形成した複数の静電容量と、前記複数の静電容量を切り換える切り換え手段とを備える構成としたことを特徴とする静電容量可変装置。

【請求項 23】 プリント基板上のパターンまたは複数のケーブルにて形成した複数の静電容量を切り換える切り換え手段の静電容量の影響を補正する量だけ、プリント基板上のパターンまたは複数のケーブルにて形成した複数の静電容量のおおのの値を増大した値に設定することを特徴とする請求項 21 または請求項 22 に記載の静電容量可変装置。

【請求項 24】 複数のインダクタンスを切り換えることにより、インダクタンスの変更を行うインダクタンス可変装置において、プリント基板上のパターンにて形成した複数のインダクタンスと、前記複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段とを備える構成としたことを特徴とするインダクタンス可変装置。

【請求項 25】 複数のインダクタンスを切り換えることにより、インダクタンスの変更を行うインダクタンス可変装置において、複数のケーブルにて形成した複数のインダクタンスと、該複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段とを備える構成としたことを特徴とするインダクタンス可変装置。

【請求項 26】 プリント基板上のパターンまたは複数のケーブルにて形成した複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段のインダクタンスの影響を補正する量だけ、プリント基板上のパターンまたは複数のケーブルにて形成した複数のインダクタンスのおおのの値を減少した値に設定することを特徴とする請求項 24 または請求項 25 に記載のインダクタンス可変装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、良質な仕上げ加工面を得るための放電加工方法及びその装置、並びにこの放電加工装置のインピーダンス整合回路に適用可能な、静電容量可変装置及びインダクタンス可変装置に関するも



のである。

#### 【0002】

【従来の技術】一般に交流高周波による加工では、平均加工電圧が零[V]となるため、電解作用によるチッピング（欠落現象）が発生しないことと、一発の半波放電毎に極性が交替することによりこの放電毎の加工面が得られる優れた加工特性を持つことが知られている。例えば特開昭61-260915号公報には、1.0～5.0MHzの交流高周波を極間に供給できる放電加工用電源を用い、電流供給線（フィーダー）に存在するキャパシタンスと、極間（電極・被加工物間）に形成されるキャパシタンスの合成である浮遊キャパシタンスを1000pF以下とすることにより、1μmRmax以下の良質面が得られることが開示されている。

【0003】しかしながら、上記の放電加工用電源の場合には、加工間隙・加工面積等が変動する場合や、放電の状態が変化した場合、極間のインピーダンスが大幅に変化してしまうため、出力が大きく変動してしまい、加工によっては加工が不安定かつ再現性のないものとなる等の問題が発生する場合があった。一方、こうした点を解決する手段として、特開平1-240223号公報に、該交流電源と極間の間に自動インピーダンス整合回路を設け、加工間隙距離・加工面積の変化に対し、インピーダンスを自動調整しながら加工を行なう例が開示されている。

【0004】図33は上記のような従来例の構成を示したもので、1は直流電源、2は電流制限用に設けられた抵抗器、3は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、5は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分、6は電極・被加工物により形成される極間、7はスイッチング素子、8はスイッチング素子7を駆動する駆動回路、9は回路内スイッチング素子7と極間6の間に直列に設けられた結合コンデンサ、10は同じくスイッチング素子7と極間6の間に直列に設けられた結合コイル、11は交流高周波加工用電源、12はインピーダンス整合回路である。

【0005】図34は従来の自動インピーダンス整合回路12の内部回路構成を示したものであり、13は結合コンデンサ、14はコイル、15は容量が可変とされる可変コンデンサ（バリコン）、16は可変コンデンサ15の容量を変化させるためのモータ等のアクチュエータ、17はアクチュエータ16を駆動制御する駆動制御回路である。

【0006】次に動作について説明する。スイッチング素子7を駆動し、ON・OFF動作を行なうことにより交流高周波加工電源11の出力として交流高周波電圧が発生する。出力電圧は電流供給線を介して自動インピーダンス整合回路12を経由し、極間6に加工電圧として

供給され、加工が行なわれる。一般に高周波の伝送においては進行波と反射波（出力端にて反射される逆方向の波）が存在し、完全にマッチングが取れている場合については進行波のみとなって出力は最大となる。即ち、最大の出力を得るためには進行波に対する反射波の比率を可能な限り低減する必要がある。自動インピーダンス整合回路12に入力された高周波信号は、結合コンデンサ13、コイル14及び可変コンデンサ15により構成されたT形マッチング回路によりインピーダンス整合されて極間6に供給されるが、その際、制御回路17は加工状態に応じて可変コンデンサ15の容量をアクチュエータ16によって変化させる。この図33及び図34に示すものによれば、加工間隙・加工面積・加工状態等の変化によって極間のインピーダンスが変化した場合においてもマッチングを調整するような構成としたため、安定な良質面加工を実現することが可能となる効果がある。

【0007】なお、このような従来のものにおいて1μmRmax程度の加工面を得るためには、図35のように工作物を絶縁して加工を行う必要がある。図において、11は交流高周波加工用電源、12はインピーダンス整合回路、18は交流高周波の給電用給電線で、静電容量が1m当たり100pF程度の低キャパシタンス線である。19は高速加工用の給電線で、高ピークの電流波形を供給するため低インダクタンス化が図られているが、キャパシタンス（静電容量）は給電線18と比較して著しく大きくなっている。20は高速加工用電源、30は工作物、31はワイヤ電極、32はクランプ治具、33は定盤、34は給電子、23は工作物と定盤の絶縁を行う絶縁治具、24は絶縁治具23上の工作物30と定盤33の遮断・接続を行うコンタクタである。

【0008】荒加工時においては、コンタクタ24を開状態とし、工作物30を定盤33に接続した状態にて高速加工用電源20から高ピーク電流が供給され、加工が行われる。こうした高ピーク電流を供給する給電線19は低インダクタンスではあるが一般に静電容量が大きく、通常使用する2MHz程度の周波数帯においてはこの給電線19の静電容量に電流が流れてしまうため、インピーダンス整合が困難となるとともに、放電時に給電線19に蓄えられた静電エネルギーが極間に放出され、放電電流波形のエネルギーが増大して加工面あらさが悪化する。このため、交流高周波による仕上加工を行う際には、コンタクタ24を開状態とし、絶縁治具23によって工作物30と定盤33を絶縁した状態で加工を行う。この状態においては、高ピーク電流供給用の給電線19が回路から切り離された形となっており、極間に対するインピーダンス整合が容易となるとともに、低キャパシタンスの給電線18に蓄えられる静電エネルギーが小さいため、小さな電流エネルギーの波形を得ることができ、その結果良質な仕上加工面を得ることができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来の放電加工装置は上記のように構成されており、交流高周波による良質面の仕上加工を行うためには、絶縁治具23等を使用して工作物30を機械定盤33と絶縁するとともに、絶縁治具23上の工作物30と定盤33の遮断・接続を行うコンタクタ24が必要となる等加工精度、操作性、コスト面で問題があった。また、浸漬状態にて絶縁治具23による交流高周波加工を行うと、工作物30と定盤33の間に加工液を介して静電容量が形成され、加工特性が著しく悪化してしまうため、浸漬加工ができない等の問題があった。更に電極面積の大きな形彫り放電加工においては、絶縁治具23により工作物30と機械定盤33を絶縁しても、電極・工作物間に形成される静電容量が大きいため、加工面あらさが劣化し、良質な加工面が得られない等の問題があった。

【0010】また、従来の放電加工装置のインピーダンス整合回路12においては、可変コンデンサ15をアクチュエータ16によって変化させてマッチングを行う構成であったため、装置が複雑で実装が困難であるとともに、コスト的にも高価となる等の問題があった。

【0011】また、放電加工装置において特に加工面積が大きく変化する場合や、電源周波数が変化する場合、インピーダンス整合回路12の複数のインダクタンスを切り換える必要があるが、この切り換えも上述した可変コンデンサ15の切り換えと同様な構成であったので、装置が複雑で実装が困難であるとともに、コスト的にも高価となる等の問題があった。

【0012】この発明は上記のような従来のものの課題を解消するためになされたもので、極間部における高速加工用給電線や電極・工作物間に形成される静電容量の影響を除去し、良質の加工面を得ることができるとともに、操作性、コスト面での性能を大幅に改善できる放電加工方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0013】またこの発明は、微小な静電容量を容易に設計・製造できるとともに、低コスト・小型で精度のばらつきが少ない高精度の静電容量可変装置を得ることを目的とする。

【0014】またこの発明は、微小なインダクタンスを容易に設計・製造できるとともに、低コスト・小型で精度のばらつきが少ない高精度のインダクタンス可変装置を得ることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明に係わる放電加工方法は、電極と被加工物との間に形成される極間に、高速加工用給電線を通じて高ピーク電流を供給して高速加工を行うとともに、前記極間に、交流高周波加工用給電線を通じて交流高周波電流を供給して仕上げ加工を行う放電加工方法において、仕上げ加工時に、極間に接続されている高速加工用給電線の静電容量の影響を抑制するよう、極間に対してインピーダンス整合を行うものであ

る。

【0016】また本発明に係わる放電加工装置は、一端が電極及び工作物に各々電氣的接続される高速加工用給電線と、一端が電極及び工作物に各々電氣的接続される交流高周波加工用給電線と、高速加工時に上記極間に前記高速加工用給電線を通じて高ピーク電流を供給する高速加工用電源と、仕上げ加工時に極間に前記交流高周波加工用給電線を通じて交流高周波電流を供給する交流高周波加工用電源と、仕上げ加工時に電極及び工作物に各々電氣的接続されている高速加工用給電線の静電容量の影響を抑制するよう、極間に対しインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路とを備える構成としたものである。

【0017】また本発明に係わる放電加工装置は、一端が電極及び工作物に各々電氣的接続される高速加工用給電線と、一端が電極及び工作物に各々電氣的接続される交流高周波加工用給電線と、高速加工時に上記極間に前記高速加工用給電線を通じて高ピーク電流を供給する高速加工用電源と、仕上げ加工時に極間に前記交流高周波加工用給電線を通じて交流高周波電流を供給する約7～30MHzの交流高周波加工用電源と、仕上げ加工時に電極及び工作物に各々電氣的接続されている高速加工用給電線の静電容量の影響を抑制するよう、極間に対しインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路とを備える構成としたものである。

【0018】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、該直流パルス電源と極間との間に、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流が発生しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路を設ける構成としたものである。

【0019】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に両極性パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、該両極性パルス電源と極間との間に、一方の極性における放電発生後の直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流が発生しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路を設けたものである。

【0020】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に両極性パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、該両極性パルス電源と極間との間に、一方の極性における放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断し、方形波電流が継続しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行うインピーダンス整合回路を設けたものである。

9

【0021】また本発明に係わる放電加工装置は、上記放電加工装置において、インピーダンス整合回路を両方の極性に対しておのおの独立して設けたものである。

【0022】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に、交流高周波電圧を印加しつつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、複数のコンデンサと、少なくとも1個のコイルと、前記複数のコンデンサを切り換えインピーダンス整合を行う切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0023】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に、電圧を印加しつつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、プリント基板上のパターンにて形成した複数の静電容量と、少なくとも1個のコイルと、前記複数の静電容量を切り換えインピーダンス整合を行う切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0024】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に、電圧を印加しつつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、複数のケーブルにて形成した複数の静電容量と、少なくとも1個のコイルと、前記複数の静電容量を切り換えインピーダンス整合を行う切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0025】また本発明に係わる放電加工装置は、前記インピーダンス整合回路における複数の静電容量の値が、ほぼ係数が2の等比級数値を取るようにしたものである。

【0026】また本発明に係わる放電加工装置は、前記インピーダンス整合回路における複数の静電容量を切り換える切り換え手段の静電容量の影響を補正する量だけ、インピーダンス整合回路における複数のコンデンサのおおのの値を増大した値に設定したものである。

【0027】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧または両極性パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、該直流パルス電圧または両極性パルス電圧を供給する電源と極間との間に設けられたインピーダンス整合回路と、該インピーダンス整合回路に直列に挿入され、該インピーダンス整合回路全体の接続・切り離しを行うスイッチング素子と、該インピーダンス整合回路とスイッチング素子からなる直列回路に対して並列に接続されたバイパス回路を設けたものである。

【0028】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧ま

10

または両極性パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、該直流パルス電圧または両極性パルス電圧を供給する電源と極間との間に設けられたインピーダンス整合回路と、該インピーダンス整合回路に並列に接続されたバイパス回路と、該バイパス回路に直列に挿入され、該バイパス回路全体の接続・切り離しを行うスイッチング素子を設けたものである。

【0029】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、抵抗とインダクタンスの直列回路を、極間に対して並列に挿入したものである。

【0030】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、抵抗とインダクタンスの直列回路を、極間に対して並列に挿入するとともに、該直流パルスを供給するためのスイッチング素子を高周波スイッチングするための駆動手段を設け、所定時間の高周波にてオン・オフ動作を繰り返したのちに、所定時間の休止時間を設けて加工を行うものである。

【0031】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に直流パルス電圧を印加しつつ加工を行う放電加工装置において、抵抗とインダクタンスとスイッチング素子からなる直列回路を、極間に対して並列に挿入し、前記スイッチング素子を、放電後にオンするようにしたものである。

【0032】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に、電圧を印加しつつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、プリント基板上のパターンにて形成した複数のインダクタンスと、前記複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0033】また本発明に係わる放電加工装置は、電極と被加工物との間に形成される極間に、電圧を印加しつつ加工を行うとともに、該電圧を供給する電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設けた放電加工装置において、前記インピーダンス整合回路を、複数のケーブルにて形成した複数のインダクタンスと、該複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0034】また本発明に係わる放電加工装置は、前記インピーダンス整合回路の複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段のインダクタンスの影響を補正する量だけ、インピーダンス整合回路の複数のインダクタンスのおおのの値を減少した値に設定したものである。

【0035】また本発明に係わる静電容量可変装置は、プリント基板上的パターンにて形成した複数の静電容量



と、前記複数の静電容量を切り換える切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0036】また本発明に係わる静電容量可変装置は、複数の静電容量を切り換えることにより、静電容量の変更を行う静電容量可変装置において、複数のケーブルにて形成した複数の静電容量と、前記複数の静電容量を切り換える切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0037】また本発明に係わる静電容量可変装置は、前記静電容量可変装置において、複数の静電容量を切り換える切り換え手段の静電容量の影響を補正する量だけ、該複数の静電容量のおおのの値を増大した値に設定したものである。

【0038】また本発明に係わるインダクタンス可変装置は、複数のインダクタンスを切り換えることにより、インダクタンスの変更を行うインダクタンス可変装置において、プリント基板上のパターンにて形成した複数のインダクタンスと、前記複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0039】また本発明に係わるインダクタンス可変装置は、複数のインダクタンスを切り換えることにより、インダクタンスの変更を行うインダクタンス可変装置において、複数のケーブルにて形成した複数のインダクタンスと、該複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段とを備える構成としたものである。

【0040】更にまた本発明に係わるインダクタンス可変装置は、前記インダクタンス可変装置において、複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段のインダクタンスの影響を補正する量だけ、該複数のインダクタンスのおおのの値を減少した値に設定したものである。

【0041】

【作用】本発明によれば、仕上げ加工時に、極間に接続されている高速加工用給電線の静電容量の影響を抑制するよう、極間に対してインピーダンス整合を行うことにより、高速加工用給電線の静電エネルギーが極間に放出されない状態として加工を行うことができる。

【0042】また本発明に係わる放電加工装置は、インピーダンス整合回路により、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流が発生しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行い、方形波電流のみの放電電流を発生させて放電加工を行う。

【0043】また本発明に係わる放電加工装置は、インピーダンス整合回路により、両極性パルス電圧の少なくとも一方の極性において、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる、極間静電容量によるコンデンサ放電電流が発生しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行い、少なくとも一方の極性において方形波電流のみの放電電流を発生させて放電加工を行う。

【0044】また本発明に係わる放電加工装置は、イン

ピーダンス整合回路により、両極性パルス電圧の少なくとも一方の極性において、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断し、方形波電流が継続しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行い、少なくとも一方の極性においてコンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて放電加工を行う。

【0045】また本発明に係わる放電加工装置は、両方の極性に対して各々独立に設けられたインピーダンス整合回路により、両極性パルス電圧の両方の極性に対してそれぞれ個別にインピーダンス整合を行い、放電加工を行う。

【0046】また本発明に係わる放電加工装置は、インピーダンス整合回路内の複数のコンデンサを切り換え手段にて切り換えることによりインピーダンス整合を行い、交流高周波電源による放電加工を行う。

【0047】また本発明に係わる放電加工装置は、インピーダンス整合回路内の複数のプリントパターンにて形成した静電容量を切り換え手段にて切り換えることによりインピーダンス整合を行い、交流高周波電源、直流パルス電源及び両極性パルス電源の何れかによる放電加工を行う。

【0048】また本発明に係わる放電加工装置は、インピーダンス整合回路内の複数のケーブルにて形成した静電容量を切り換え手段にて切り換えることによりインピーダンス整合を行い、交流高周波電源、直流パルス電源及び両極性パルス電源の何れかによる放電加工を行う。

【0049】また本発明に係わる放電加工装置は、前記記載の複数の静電容量の値が係数が2の等比級数値を取るようにしたことにより、静電容量のりニアな切り換えを行う。

【0050】また本発明に係わる放電加工装置は、前記複数の静電容量を切り換える切り換え手段の静電容量の影響を補正する量だけ、該複数のコンデンサのおおのの値を増大した値に設定することにより、静電容量の合計値が正確に変化ようになる。

【0051】また本発明に係わる放電加工装置は、バイパス回路により直流パルス電圧または両極性パルス電圧を極間に印加して放電を発生させ、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流が発生しないよう、インピーダンス整合回路にて極間に対してインピーダンス整合を行い、方形波電流のみの放電電流を発生させて放電加工を行う。

【0052】また本発明に係わる放電加工装置は、バイパス回路により直流パルス電圧または両極性パルス電圧を極間に印加して放電を発生させ、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断して方形波電流が継続しないよう、インピーダンス整合回路にて極間に対してインピーダンス整合を行い、コンデンサ放電電流の

みの放電電流を発生させて放電加工を行う。

【0053】また本発明に係わる放電加工装置は、極間に並列に挿入した抵抗とコイルからなる直列回路により、極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断して方形波電流が継続しないようにし、コンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて加工を行う。

【0054】また本発明に係わる放電加工装置は、極間に並列に挿入した抵抗、コイルからなる直列回路を設けた状態にて、直流パルスを供給するためのスイッチング素子を所定時間高周波にてオン・オフ動作を繰り返すことにより、極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断して方形波電流が継続しないようにし、コンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて加工を行う。

【0055】また本発明に係わる放電加工装置は、極間に並列に挿入した抵抗、スイッチング素子からなる直列回路のスイッチング素子を、放電後にオンすることにより、極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断して方形波電流が継続しないようにし、コンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて加工を行う。

【0056】また本発明に係わる放電加工装置は、プリント基板上の複数のプリントパターンで形成したインダクタンスを切り換え手段にて切り換えることにより、インダクタンスの変更を行うものである。

【0057】また本発明に係わる放電加工装置は、複数のケーブルで形成したインダクタンスを切り換え手段にて切り換えることにより、インダクタンスの変更を行う。

【0058】また本発明に係わる放電加工装置は、前記複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段自身のインダクタンスの影響を補正する量だけ、該複数のインダクタンスのおおのの値を減少した値に設定することにより、インダクタンスの合計値が正確に変化ようになる。

【0059】また本発明に係わる静電容量可変装置は、プリント基板上の複数のプリントパターンの静電容量を切り換え手段により切り換えることにより、静電容量の変更を行う。

【0060】また本発明に係わる静電容量可変装置は、複数のケーブルにて形成した静電容量を切り換え手段により切り換えることにより、静電容量の変更を行う。

【0061】また本発明に係わる静電容量可変装置は、前記複数の静電容量を切り換える切り換え手段の静電容量の影響を補正する量だけ、該複数のコンデンサのおおのの値を増大した値に設定することにより、静電容量の合計値が正確に変化ようになる。

【0062】また本発明に係わるインダクタンス可変装置は、プリント基板上の複数のプリントパターンで形成

したインダクタンスを切り換え手段により切り換えることにより、インダクタンスの変更を行う。

【0063】また本発明に係わるインダクタンス可変装置は、複数のケーブルで形成したインダクタンスを切り換え手段により切り換えることにより、インダクタンスの変更を行う。

【0064】また本発明に係わるインダクタンス可変装置は、前記複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段自身のインダクタンスの影響を補正する量だけ、該複数のインダクタンスのおおのの値を減少した値に設定することにより、インダクタンスの合計値が正確に変化ようになる。

【0065】

【実施例】

実施例1. 以下、本発明の実施例1を図1～図6に基づき説明する。図1、図2は本実施例に係る構成図を示すものであり、11aは7MHz～30MHzの高周波出力を供給する交流高周波加工用電源、12aはインピーダンス整合回路、18は交流高周波加工用給電線であり、極間6に対して直接接続される。3は交流高周波加工用給電線18及び回路に存在する浮遊キャパシタンスであり、通常300pF程度である。また、4は交流高周波加工用給電線18に存在する浮遊インダクタンスで、通常1μH程度である。また18bは給電線18の極間接続部分であり、3bは給電線18の端末部分の浮遊キャパシタンス、4bは給電線18の端末部分の浮遊インダクタンスである。

【0066】また5は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分、6は電極・被加工物により形成される極間、20は高速加工用電源、19は高速加工用給電線であり、交流高周波加工用給電線18同様、極間6に直接接続される。21は高速加工用給電線19及び回路に存在する浮遊キャパシタンスで、通常10000pF程度である。また、22は高速加工用給電線19及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンスであり、通常0.2μH程度である。また、19bは給電線19の極間接続部分であり、21bは給電線19の端末部分の浮遊キャパシタンス、22bは給電線19の端末部分の浮遊インダクタンスである。

【0067】図2は図1の実体図であり、20は交流高周波電源11aの出力インピーダンス、21は給電線18の特性インピーダンス、21'は給電線18の端末部分18b（機械接続部分）のインピーダンス、23は高速加工電源20の出力インピーダンス、22は給電線19の特性インピーダンス、22'は給電線19の端末部分19b（機械接続部分）のインピーダンス、2gは極間6のインピーダンスである。なお、これらのインピーダンスとしては、通常22'が大きく、

【0068】

【数1】

$Z_0 \simeq Z_1 + Z_g$  となるようインピーダンス整合を行うと、

$Z_0 \simeq Z_1 + Z_g \{ Z_2' (Z_1' \{ Z_1, Z_2' \} Z_g) \}$  の状態となる。

【0069】次に、動作について説明する。従来例同様、交流高周波加工用電源11aの出力として交流高周波電圧を発生させ加工を行うが、従来例の場合1.0～5.0MHz程度の周波数を使用したのに対し、ここでは7MHz～30MHzの周波数を用いる。出力電圧は電流供給線を介してインピーダンス整合回路12aを経由し、極間6に加工電圧として供給され、加工が行なわれる。インピーダンス整合回路12aに入力された高周波信号は、例えば図9に示す結合コンデンサ13、コイル14及びコンデンサ40a～40dにより構成されたT形マッチング回路により、放電が発生している状態の極間6に対して整合を行うことにより加工を行う。交流高周波の周波数として7MHz～30MHzを用いた場合の加工においては、コンデンサ13、15の値を50～100pF、コイル14は1～3μH程度の値とすると、静電容量の大きな高速加工用給電線19が極間に接続された状態においても加工が可能な程度にインピーダンス整合を取ることができ、安定した加工が可能となる。

【0070】また、交流高周波として7MHz～30MHzの周波数を用いてインピーダンス整合を行うと、前述のように高速加工用給電線端末部分19bのインピーダンス $Z_2'$ が大きな状態にて不整合接続となるため、この部分にて反射が発生し、給電線19の静電容量21に対して電流が流れ込むことがなく、静電容量21による影響を除去または抑制することができる。その結果0.5μmRmax以下の鏡面が得られる。実験によれば、板厚20mmの超硬材加工において、0.2μmRmaxの仕上面が得られた。

【0071】図3は本実施例における加工特性を示す図である。この図より明らかなように、絶縁により静電容量の遮断を行う従来例の場合は、5MHz以下の領域においては50ns程度のパルス幅の電流波形が得られるのに対し、絶縁を行わない場合は静電容量に対する充放電が行われるため、5MHz以下の領域ではパルス幅がかなり大きくなる。こうしたパルス幅は加工面あらさを左右し、パルス幅が小さいほど加工面あらさは良くなり、通常50ns以下のパルス領域において1μmRmax以下の亜鏡面が得られる。以上のことから、本実施例のように静電容量の絶縁を行わない場合においては、5MHz以下の領域において良好な加工面を得ることはできないが、周波数を更に高め、7MHz以上の領域となると、電圧極性交替に要する時間が短くなるため、電流パルス幅 $\tau_p$ を50ns程度以下にすることができ、静電容量を遮断しなくとも、1μmRmax以下の微細加工が可能となる。なお、交流周波数を高くし過ぎると、極間に対するインピーダンス整合が困難になると

もに、極間に存在する静電容量の変動に対して加工特性が不安定になること、及び高周波領域においては持続的な交流アークとなって加工面を荒す場合がある等から、周波数としては7MHz～30MHzの範囲が放電加工に適している。

【0072】なお、上記のような加工を行うに際し、極間6に対して安定してインピーダンス整合を取るためには、交流高周波用給電線端末部18bのインピーダンス $Z_1'$ を低減する必要がある。このため、交流高周波用給電線18を極力極間に近くに接続し、浮遊インダクタンス4bを低減することが安定したインピーダンス整合を行う上で重要である。図4～図6は、この交流高周波用給電線18を極力極間に近くに接続する例を示したものである。図4(a)はワイヤ放電加工装置における、交流高周波用給電線18の接続部分を示す図であり、18は交流高周波用給電線、30は工作物、31はワイヤ電極、32は工作物のクランプ治具、33は定盤、34はワイヤ電極の給電子である。また、図4(b)は形彫放電加工装置における、交流高周波用給電線18の接続部分を示す図であり、同様に18は交流高周波用給電線、30は工作物、31は電極、32は工作物のクランプ治具、33は定盤である。これらの例では、クランプ治具32に給電線の取り付け用ネジが設けられており、交流高周波用給電線18を直接クランプ治具32に取り付けて加工を行う。

【0073】また、図5は交流高周波用給電線18の接続部分の他の実施例であり、18は交流高周波用給電線、30は工作物、31は電極、32は工作物のクランプ治具、33は定盤、34はワイヤ電極の給電子、35はマグネット、36は銅端子である。この実施例では、交流高周波用給電線18をマグネット35により工作物に固定し、給電を行う。マグネット35は工作物30の任意の位置に固定し、加工を行うことでできる。

【0074】さらに、図6は交流高周波用給電線18の接続部分の他の実施例であり、18は交流高周波用給電線、30は工作物、31は電極、32は工作物のクランプ治具、33は定盤、34はワイヤ電極の給電子、37は加工液ノズル、38は加工液ノズル先端部分に取り付けられた給電用接触子であり、交流高周波用給電線18が接続されるとともに、加工中工作物30の上面に接触した状態を維持しながら、工作物側への給電を行う。この実施例では極間と加工部分の位置関係が加工中常に一定に維持されるため、安定したインピーダンス整合を行うことができる。

【0075】実施例2. 次に本発明の実施例2を図7～図10に基づき説明する。なおこの実施例は、上記実施例1のものに採用可能なインピーダンス整合回路及びこ



のインピーダンス整合回路のインピーダンス制御に係るものである。図7はワイヤカット放電加工装置に採用されるインピーダンス整合回路のインピーダンス制御回路を示すもので、図において、30は工作物、31はワイヤ電極、11は交流高周波加工用電源、12はインピーダンス整合回路、6は極間、60は制御装置、65は制御装置60内に設けられ加工板厚情報Tを記憶する記憶装置、66は同じく制御装置60内に設けられワイヤ電極径情報を記憶する記憶装置、63は記憶装置65、66の情報からインピーダンス整合回路12の操作量を求める演算装置、64は演算装置63の演算結果からインピーダンス整合回路12を調整する整合回路制御手段である。

【0076】また、図8は形彫放電加工装置に採用されるインピーダンス整合回路のインピーダンス制御回路を示すもので、図において、30は工作物、31は電極、11は交流高周波電源、12はインピーダンス整合回路、6は極間、60は制御装置、61は制御装置60内に設けられ加工形状情報を格納する記憶装置、62は同じく制御装置60内に設けられ加工深さ情報を格納する記憶装置、63は記憶装置61、62の情報からインピーダンス整合回路の操作量を求める演算手段、64は演算手段63の演算結果からインピーダンス整合回路12を調整する整合回路制御手段である。

【0077】図9は本発明の実施例2におけるインピーダンス整合回路12の内部回路構成を示したものであり、13は結合コンデンサ、14はコイル、40a~40dはそれぞれ値の異なるコンデンサ、41a~41dはコンデンサ40a~40dの切り換えを行うリレーである。また、図10は、コンデンサ40a~40dの組み合わせと、トータルの静電容量を示した表及びグラフである。

【0078】次に、動作について説明する。図において、交流高周波による加工を行う場合、加工板厚、加工面積等に応じて極間に対するインピーダンス整合を行う必要がある。まず、ワイヤ放電加工の場合、図7に示すように、制御装置60内の記憶装置65に記憶された板厚情報及びワイヤ電極径情報に基づき、演算手段63はインピーダンス整合回路12の操作量を選択する。即ち、演算手段63には、予め加工板厚T及びワイヤ電極径Rに対応したデータがテーブルとしてセットされており、このデータテーブルからインピーダンス整合回路12の制御のための情報が出力される。整合回路制御手段64はこの演算装置63の出力結果に基づき、インピーダンス整合回路12の調整を行う。具体的には、板厚の大小に応じて、4bitの指令信号が整合回路制御手段64から出力され、その指令信号に基づいてインピーダンス整合回路12内のリレー41a~41dが駆動され、コンデンサ40a~40dが選択される。即ち、整合回路制御手段64は、加工板厚が増大した場合にコン

デンサ40の静電容量として大きな値が選択されるよう、4bitの指令信号を出力し整合を行う。板厚情報は、加工中板厚が変化しない場合、あらかじめオペレータが制御装置の入力手段を通じて入力する。加工中に板厚が変化する場合には、NCプログラムにて板厚変化情報を入力するか、あるいは加工速度の変化等から板厚の変化を類推し、その板厚情報に基づいて適宜インピーダンス整合を行うようにしても良い。

【0079】コンデンサ40a~40bは、図10のよう  
10 うにコンデンサ40aとして2pF、コンデンサ40bとして4pF、コンデンサ40cとして8pF、コンデンサ40dとして16pFというように、コンデンサ値がほぼ係数が2の等比級数値を取るよう  
20 に設定されており、4つのコンデンサの組み合わせにより、図10に示すように16種類の連続的な静電容量値が選択できるようになっている。特にワイヤ放電加工においては極間6における面積変化が小さく、インピーダンス整合を行うためにあまり広範囲に静電容量を変化させる必要がないため、このように4bit程度の簡単な切り換えによ  
り、十分整合をとることができる。

【0080】なお、実際にはリレー41a~41bに微小な静電容量が存在し(1~2pF)、これらの静電容量との合成がトータルの静電容量となるため、正確な静電容量の切り換えを行うためには、40a~40dの値としてやや大きめの値に設定する必要がある。具体的には、例えばリレーの端子41a~41dの静電容量がお  
のの1.4pFの場合、

コンデンサ40a: 2.9pF

コンデンサ40b: 5.1pF

30 コンデンサ40c: 9.2pF

コンデンサ40d: 17.3pF

とすると、正確な静電容量の切り換えができる。

【0081】また形彫放電加工の場合、図8に示すように、制御装置60内の記憶装置61に記憶された加工形状情報と、記憶装置62に記憶された加工深さ情報に基づき、演算手段63は加工面積を計算する。整合回路制御手段64はこの計算結果に基づき、インピーダンス整合回路12の調整を行う。具体的には、加工面積の大小に応じて、4bitの指令信号が整合回路制御手段64  
40 から出力され、その指令信号に基づいてインピーダンス整合回路12内のリレー41a~41dが駆動され、コンデンサ40a~40dが選択される。ここでは、整合回路制御手段64は、加工面積が増大した場合にコンデンサ40の静電容量として大きな値が選択されるよう、4bitの指令信号を出力し整合を行う。

【0082】なお、本実施例では、加工形状情報を予め制御装置60内部に記憶しておき、加工深さの変化に対して加工面積を計算する例を示したが、NCプログラムにて面積変化情報を入力するか、あるいはその他の加工面積検出手段等を用いて加工面積の変化を類推し、その



加工面積情報に基づいて適宜インピーダンス整合を行うようにしても良い。

【0083】また、本実施例においてはコンデンサ40a~40dを4つの種類とし、4bitデータにて16段階に切り換える例を示したが、形彫放電加工等極間における面積変化が大きい場合、コンデンサ40及びリレー41の数を増やすことにより、さらに広範囲に精度良く静電容量の切り換えを行うことができ、広範囲に亘ったインピーダンス整合を行うことができる。

【0084】実施例3. 次に本発明の実施例3を図11~図13に基づいて説明する。放電加工装置における上記のようなインピーダンス整合回路の複数のコンデンサは、数pF程度のきわめて小さな値となるため、一般的なコンデンサでは精度的に不十分であることが多い。図11はこうした放電加工装置におけるインピーダンス整合回路12の複数のコンデンサを、プリント基板上のパターンにて構成した実施例を示したものである。図において、50はプリント基板、51a~51dはプリント基板50の片面に形成された、面積の異なるプリントパターン、52はプリントパターン51a~51dと反対側の面に形成されたプリントパターン、53はプリントパターン51とプリントパターン52の間に形成される静電容量、54a~54dはそれぞれプリントパターン51a~51dに接続されたリレーである。

【0085】次に動作について説明する。図においてリレー54a~54dが整合回路制御手段により閉状態にされると、プリントパターン51a~51dとプリントパターン52の間に静電容量が形成され、リレー54a~54dの切り換えにより、16段階の静電容量を選択することができる。各プリントパターンの静電容量はプリントパターン51の面積とプリントパターンの距離(≒基板の厚み)により決定され、一般的なプリント基板の場合、1cm<sup>2</sup>あたり約2pFの静電容量が形成される。プリントパターン51a~51dは静電容量53aとして2pF、静電容量53bとして4pF、静電容量53cとして8pF、静電容量53dとして16pFというようにコンデンサ値がほぼ係数が2の等比級数値を取るようにパターンの面積が設定されており、4つのプリントパターンの組み合わせにより、図10に示すように16種類の連続的な静電容量値が選択できるようになっている。また実施例2で説明したように、リレー54a~54dに微小な静電容量が存在し(1~2pF)、これらの静電容量との合成がトータルの静電容量となるので、正確な静電容量の切り換えを行うため、実施例2と同様に各静電容量の値としてやや大きめの値に設定し、正確な静電容量の切り換えができるように考慮している。このようにプリント基板の表裏のプリントパターン間の静電容量は、容易に設計・製造できるとともに、精度のばらつきも少なく高精度の静電容量の切り換えを行うことができる。

【0086】また、図12は放電加工装置におけるインピーダンス整合回路12の複数のコンデンサを、プリント基板上のパターンにて構成した他の実施例として、並列したプリントパターンにて静電容量を形成した例を示したものである。図において、50はプリント基板、55a~55dはプリント基板50上に形成されたプリントパターン、56a~56dはプリントパターン55a~55dと同じ面に形成されるとともに、おのおの異なる対向長さL<sub>a</sub>~L<sub>d</sub>をもってプリントパターン55a~55dと並列するよう設けられたプリントパターン、54a~54dはそれぞれプリントパターン55a~55dに接続されたリレーである。

【0087】次に動作について説明する。図においてリレー54a~54dが整合回路制御手段により閉状態にされると、プリントパターン55a~55dとプリントパターン56a~56dの対向部分に静電容量が形成される。リレー54a~54dの切り換えにより、16段階の静電容量を選択することができる。各プリントパターンの静電容量はプリントパターン55とプリントパターン56の間隔及び対向長さL<sub>a</sub>~L<sub>d</sub>により決定される。プリントパターン55a~55dとプリントパターン56a~56dの間の静電容量は、静電容量値がほぼ係数が2の等比級数値を取るようにパターンの対向長さが設定されており、4組のプリントパターンの組み合わせにより、図10に示すように16種類の連続的な静電容量値が選択できるようになっている。また実施例2で説明したように、リレー54a~54dに微小な静電容量が存在し(1~2pF)、これらの静電容量との合成がトータルの静電容量となるので、正確な静電容量の切り換えを行うため、実施例2と同様に各静電容量の値としてやや大きめの値に設定し、正確な静電容量の切り換えができるように考慮している。このようにプリント基板上に並列したプリントパターン間の静電容量は、プリントパターンの対向長さによって容易に設計・製造できるとともに、特に静電容量が小さい領域において精度のばらつきも少なく高精度の静電容量の切り換えを行うことができる。

【0088】また、図13に示すように、対向長さの長い形状にてパターン形成することにより、より小さな面積で大きな静電容量を形成することが可能である。

【0089】なお、上記実施例においては、プリントパターンのみで静電容量を形成した例を示したが、集中コンデンサ素子をプリントパターンと組み合わせる構成としてもよい。さらに、上記実施例においては放電加工装置のインピーダンス整合回路に対する応用例を示したが、他の高周波発振器の整合回路等の静電容量可変装置として使用してもよい。

【0090】実施例4. 次に本発明の実施例4について図14を用いて説明する。図14は、インピーダンス整合回路12の複数のコンデンサを、静電容量の異なる複

数のケーブルにて形成した実施例を示したものである。図において、50はプリント基板、57a~57dはプリント基板上の端子を介して接続された同軸ケーブルで、長さの異なる複数の同軸ケーブルからなっており、一端はオープン状態となるようダミーの端子58a~58dに接続されている。54a~54dはそれぞれ端子59a~59dを介して同軸ケーブル57a~57bに接続されたりレーである。

【0091】動作については、前記プリントパターンによる実施例と同様、リレー54a~54dが整合回路制御手段により閉状態にされると、同軸ケーブル57a~57dに静電容量が形成され、リレー54a~54dの切り換えにより、16段階の静電容量を選択することができる。各ケーブルの静電容量は、ケーブルの長さ、またはケーブルの種類によって設定する。同軸ケーブル57a~57dの静電容量は、静電容量値がほぼ係数が2の等比級数値を取るよう設定されており、4つの同軸ケーブルの組み合わせにより、16種類の連続的な静電容量値が選択できるようになっている。また実施例2で説明したように、リレー54a~54dに微小な静電容量が存在し(1~2pF)、これらの静電容量との合成がトータルの静電容量となるので、正確な静電容量の切り換えを行うため、実施例2と同様に各静電容量の値としてやや大きめの値に設定し、正確な静電容量の切り換えができるように考慮している。このようにケーブルの静電容量は、ケーブルの長さ、種類によって容易に設計・製造できるとともに、機械に応じて静電容量の微調性が必要な場合等に有効である。なお、上記実施例においては、ケーブルのみで静電容量を形成した例を示したが、集中コンデンサ素子をケーブルと組み合わせる構成としてもよい。さらに、上記実施例においては放電加工装置のインピーダンス整合回路に対する応用例を示したが、他の高周波発振器の整合回路等の静電容量可変装置として使用してもよい。

【0092】実施例5。次に本発明の実施例5について図15、図16(a)、図16(b)、図17及び図18を用いて説明する。図15は直流パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、インピーダンス整合を行いながら加工を行う放電加工装置の一例を示したものである。図において、3は電流供給線(フィーダー線)及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4は電流供給線及び機械構造部(給電部等)に存在する浮遊インダクタンス、6は電極・被加工物により形成される極間部、70は直流パルス電圧を極間に供給する直流パルス電源、71は直流電源、72は電流制限用抵抗器、73はスイッチング素子、12はインピーダンス整合回路、74は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分(静電容量)、30は工作物、31は電極である。また、図17は、本実施例におけるインピーダンス整合回路を示したものであり、コンデンサ101、可変コンデンサ1

02、103、コイル104からなるπ型回路に、抵抗105が並列に付加された構成となっている。

【0093】次に動作について説明する。まず、直流パルス電源70は、スイッチング素子73のオン・オフ動作を行うことにより極間6に直流電源71の電圧によって決定される電圧を印加して加工を行うものである。即ち、スイッチング素子73がオンすると、電流制限抵抗72と抵抗105を介して極間に電圧が印加される。極間6において放電が発生すると、スイッチング素子73は所定時間オン動作を持続することにより、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。図16(a)は従来の直流パルス電源による電流波形を示したものであり、スイッチング素子73がオンしている時間( $\tau_p$ )に相当するパルス幅の電流パルスが供給される。この電流パルスは、極間に存在する静電容量が放出されることによるコンデンサ放電部75と、電流制限抵抗72、抵抗105と直流電源71の電圧によって決定される直流アーク放電部76(波高値 $I_p$ )からなっており、初期のコンデンサ放電部に直流アーク放電部が継続した波形となる。形彫り放電加工においては電極・工作物間に形成される静電容量が大きいため、コンデンサ放電部75のピーク値が直流アーク放電部76の波高値 $I_p$ よりかなり大きくなる場合があり、特に仕上加工においては加工面を著しく悪化させることが知られている。

【0094】一方、インピーダンス整合回路12における可変コンデンサ102、103を調整し、回路全体をインダクティブ(誘導性)にすることにより、図16(b)に示すようなコンデンサ放電部75がない電流波形77を得ることができる。この電流波形は比較的方形波に近く、ピークの低いコンデンサ放電部75がないため、特に油を加工液に用いた形彫放電加工等において良質な加工面が得られるとともに、電極の消耗が著しく低減する特性がある。また、極間における静電容量が大きい場合においても良質な加工面を得ることができる。

【0095】なお、図17のようなπ型回路は、ローパスフィルターとしての効果があるため、図16(b)のような波形を得るのに適した特性を有する。また、図17のようなインピーダンス整合回路として、図9~図14に示したような静電容量切り換え方式のインピーダンス整合回路を用いることにより、放電加工装置のインピーダンス整合に必要な微小な静電容量の調整を容易に行うことができる。

【0096】またこの実施例におけるインピーダンス整合回路12として、図18に示すような、直列接続されたコイル201、202及びこのコイル201、202の接続点に接続された可変コンデンサ203からなるものを用いてもよい。

【0097】実施例6。次に本発明の実施例6について図15、図16(a)、図16(c)及び図19を用い

23

て説明する。図19は図15におけるインピーダンス整合回路として用いられるものの具体的回路を示したものであり、このインピーダンス整合回路は、コンデンサ13、可変コンデンサ14、コイル15からなるT型回路に、抵抗105が付加された構成となっている。なお、他の構成については実施例5のものと同様である。

【0098】次に、動作について図15、図16(a)、図16(c)及び図19に基づいて説明する。実施例5と同様、直流パルス電源70は、スイッチング素子73のオン・オフ動作を行うことにより極間6に直流電源71の電圧によって決定される電圧を印加して加工を行うものである。即ち、スイッチング素子73がオンすると、電流制限抵抗72と抵抗105を介して極間に電圧が印加される。極間6において放電が発生すると、スイッチング素子73は所定時間オン動作を持続することにより、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。

【0099】本実施例においては、インピーダンス整合回路12を実施例5の場合と逆特性に調整し、回路全体をキャパシティブ（容量性）にすることにより、コンデンサ放電部75のあと放電消弧を行って放電アークを遮断し、図16(c)に示すような直流アーク放電部76がない電流波形78を発生させて加工を行う。この波形は特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材等パルス幅が大きくなるとクラック等の欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる。

【0100】なお、図19のようなT型回路は、ハイパスフィルターとしての効果があるため、図16(c)のような波形を得るのに適した特性を有する。また、図19のようなインピーダンス整合回路として、図9～図14に示したような静電容量切り換え方式のインピーダンス整合回路を用いることにより、放電加工装置のインピーダンス整合に必要な微小な静電容量の調整を容易に行うことができる。

【0101】実施例7。次に本発明の実施例7について図20、図21(a)及び図21(b)を用いて説明する。図20は両極性パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、インピーダンス整合を行いながら加工を行う放電加工装置の一例を示したものである。両極性パルスによる加工は、油中加工においては加工速度の向上が図れ、また水中加工においては工作物の電解腐食を防止できる等の特徴がある。図において、3は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、6は電極・被加工物により形成される極間部、80は両極性パルス電圧を極間に供給する両極性パルス電源、81は直流電源、82、83は各極性における電流値を決定する電流制限用抵抗器、84a、84bは正極性側のパルス電流を供給するため

24

のスイッチング素子、85a、85bは負極性側のパルス電流を供給するためのスイッチング素子、12はインピーダンス整合回路、86は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分（静電容量）、30は工作物、31は電極である。また、インピーダンス整合回路12としては、図17に示す $\pi$ 型回路を用いている。

【0102】次に動作について説明する。まず、両極性パルス電源80は、スイッチング素子84a、84bとスイッチング素子85a、85bを交互にオン・オフ動作させることにより極間6に直流電源71の電圧によって決定される両極性電圧を印加して加工を行うものである。極間6において正極性側の放電が発生すると、スイッチング素子84a、84bは所定時間オン動作を持続することにより、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。スイッチング素子84a、84bがオフして正極性側の放電が終了したのち、スイッチング素子85a、85bをオンして逆極性側に電圧を印加し、放電発生後は所定時間オン状態を継続することにより、電流パルスが供給される。

【0103】図21(a)は従来の両極性パルス電源による電流波形を示したものであり、スイッチング素子84a、84bがオンしている時間( $\tau_p$ )に相当するパルス幅の正極性電流パルスが供給される。この電流パルスは、極間に存在する静電容量が放出されることによるコンデンサ放電部87と、電流制限抵抗82、抵抗器105と直流電源81の電圧によって決定される直流アーク放電部88（波高値 $I_{p1}$ ）からなっており、初期のコンデンサ放電部87に直流アーク放電部88が継続した波形となる。次いで、逆極性側の放電においては、同様にスイッチング素子85a、85bがオンしている時間に相当するパルス幅の逆極性電流パルスが供給される。この電流パルスも極間に存在する静電容量が放出されることによるコンデンサ放電部89と、電流制限抵抗83と直流電源81の電圧によって決定される直流アーク放電部90（波高値 $I_{p2}$ ）からなっているが、電流制限抵抗83の値を電流制限抵抗82に比べて大きく取っているため、直流アーク放電部89の波高値 $I_{p2}$ は、正極性側の直流アーク放電部88の波高値 $I_{p1}$ と比較してかなり小さな値となっている。

【0104】実施例5の場合と同様、形彫り放電加工においては電極・工作物間に形成される静電容量が大きいいため、コンデンサ放電部87のピーク値が直流アーク放電部88の波高値 $I_p$ よりかなり大きくなる場合があり、特に仕上加工においては加工面を著しく悪化させる。

【0105】一方、インピーダンス整合回路12における可変コンデンサ102、103を調整し、回路全体をインダクティブ（誘導性）にすることにより、図21(b)に示すように正極性側の電流パルスとして、コンデンサ放電部87がない電流波形91を得ることができ



る。この電流波形は比較的方形波に近く、ピークの高いコンデンサ放電部 87 がないため、特に油を加工液に用いた形彫放電加工等において良質な加工面が得られるとともに、電極の消耗が著しく低減する特性がある。また、極間における静電容量が大きい場合においても良質な加工面を得ることができる。

【0106】なお、上記のような両極性の加工においては、正極性側と逆極性側の電源の出力インピーダンスが異なるため、両方の極性に対して厳密にインピーダンス整合を行うことはできないが、加工に寄与する極性側（本実施例においては正極性側）に対してインピーダンス整合をとることにより、実用上問題のない加工特性が得られる。

【0107】また、実施例 5 の場合と同様、図 17 のような  $\pi$  型回路は、ローパスフィルターとしての効果があるため、図 21 (b) のような波形を得るのに適した特性を有する。また、こうした図 17 のようなインピーダンス整合回路において、図 9 ~ 図 14 に示したような静電容量切り換え方式のインピーダンス整合回路を用いることにより、放電加工装置のインピーダンス整合に必要な微小な静電容量の調整を容易に行うことができる。

【0108】実施例 8. 次に本発明の実施例 8 について図 19、図 20、図 21 (a) 及び図 21 (c) に基づいて説明する。なおこの実施例は、図 20 におけるインピーダンス整合回路として、図 19 に示す T 型回路を用いている点のみが実施例 7 のものと構造的に相違する。実施例 7 と同様、両極性パルス電源 80 は、スイッチング素子 84 a、84 b とスイッチング素子 85 a、85 b を交互にオン・オフ動作させることにより極間 6 に直流電源 71 の電圧によって決定される両極性電圧を印加して加工を行うものである。極間 6 において正極性側の放電が発生すると、スイッチング素子 84 a、84 b は所定時間オン動作を持続することにより、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。スイッチング素子 84 a、84 b がオフして正極性側の放電が終了したのち、スイッチング素子 85 a、85 b をオンして逆極性側に電圧を印加し、放電発生後は所定時間オン状態を継続することにより、電流パルスが供給される。

【0109】本実施例においては、インピーダンス整合回路 12 を実施例 7 の場合と逆特性に調整し、回路全体をキャパシティブ（容量性）にすることにより、コンデンサ放電部 87 のあと放電消弧を行って放電アークを遮断し、図 21 (c) に示すような直流アーク放電部 88 がない電流波形 93 を発生させて加工を行う。この波形は特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材等パルス幅が大きくなるとクラック等の欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる。

【0110】なお、上記のような両極性の加工において

は、実施例 7 の場合と同様、正極性側と逆極性側の電源の出力インピーダンスが異なるため、両方の極性に対して厳密にインピーダンス整合を行うことはできないが、加工に寄与する極性側（本実施例においては正極性側）に対してインピーダンス整合をとることにより、実用上問題のない加工特性が得られる。

【0111】実施例 6 の場合と同様、図 19 のような T 型回路は、ハイパスフィルターとしての効果があるため、図 21 (c) のような波形を得るのに適した特性を有する。また、図 19 のようなインピーダンス整合回路として、図 9 ~ 図 14 に示したような静電容量切り換え方式のインピーダンス整合回路を用いることにより、放電加工装置のインピーダンス整合に必要な微小な静電容量の調整を容易に行うことができる。

【0112】なお、上記実施例 7、実施例 8 の場合一方の極性に対してのみインピーダンス整合を行う例を示したが、図 22 のようにインピーダンス整合回路 12 a、12 b を両方の極性に対しておのおの独立して設け、両方の極性に対して厳密にインピーダンス整合を行うことにより、より良好な加工特性が得られる。

【0113】実施例 9. 次に本発明の実施例 9 について図 23 及び図 16 (b) を用いて説明する。図 23 は直流パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、インピーダンス整合を行いながら加工を行う放電加工装置の一例を示したものである。図において、3 は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4 は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、6 は電極・被加工物により形成される極間部、70 は直流パルス電圧を極間に供給する直流パルス電源、71 は直流電源、72 は電流制限用抵抗器、73 はスイッチング素子、12 はインピーダンス整合回路、74 は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分（静電容量）、106 は抵抗器、107 はインピーダンス整合回路 12 に対して並列に設けられたバイパス回路、108 はインピーダンス整合回路 12 に直列に設けられたスイッチング素子である。インピーダンス整合回路としては例えば図 9 の回路が用いられる。

【0114】次に動作について説明する。実施例 5 と同様、直流パルス電源 70 は、スイッチング素子 73 のオン・オフ動作を行うことにより極間 6 に直流電源 71 の電圧によって決定される電圧を印加して加工を行うものである。即ち、スイッチング素子 73 がオンすると、電流制限抵抗 72 と抵抗 106 を介して極間に電圧が印加される。極間 6 において放電が発生すると、スイッチング素子 73 は所定時間オン動作を持続することにより、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。次いで、極間において発生した放電は、図示されない放電検出手段により検出され、放電発生と同時にまたは所定時間経過後にスイッチング素子 108 をオフし、インピーダンス整合回路 12 を極間から切り離す。



その後、放電終了後所定の休止時間を経過したのち再びスイッチング素子108はオン状態とされ、スイッチング素子73をオンすることにより、次の放電のための電圧が印加される。

【0115】インピーダンス整合回路12は、加工に先だって可変コンデンサ40a~40dの切り換え調整を行い、回路全体をインダクティブ（誘導性）にすることにより、図16（b）に示すように放電発生時におけるコンデンサ放電部75を除去することができる。さらに、上記のように放電直後にインピーダンス整合回路12を極間から切り離すことにより、その後の直流アークを安定に維持することができる。この電流波形は比較的方形波に近く、ピークの高いコンデンサ放電部75がないため、特に油を加工液に用いた形彫放電加工等において良質な加工面が得られるとともに、電極の消耗が著しく低減する特性がある。また、極間における静電容量が大きい場合においても良質な加工面を得ることができる。

【0116】実施例10. 次に本発明の実施例10について図24及び図16（c）を用いて説明する。図24は直流パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、インピーダンス整合を行いながら加工を行う放電加工装置の一例を示したものである。図において、3は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、6は電極・被加工物により形成される極間部、70は直流パルス電圧を極間に供給する直流パルス電源、71は直流電源、72は電流制限用抵抗器、73はスイッチング素子、12はインピーダンス整合回路、74は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分（静電容量）、106は抵抗器、109は抵抗器106に直列に設けられたスイッチング素子、107は抵抗器106、スイッチング素子109からなり、インピーダンス整合回路12に並列に設けられたバイパス回路である。インピーダンス整合回路としては、例えば図9の回路が用いられる。

【0117】次に動作について説明する。実施例6と同様、直流パルス電源70は、スイッチング素子73のオン・オフ動作を行うことにより極間6に直流電源71の電圧によって決定される電圧を印加して加工を行うものである。即ち、スイッチング素子73がオンすると、電流制限抵抗72と抵抗106を介して極間に電圧が印加される。極間6において放電が発生すると、スイッチング素子73は所定時間オン動作を持続することにより、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。次いで、極間において発生した放電は、図示されない放電検出手段により検出され、放電発生と同時にまたは所定時間経過後にスイッチング素子109をオフし、バイパス回路17を遮断する。その後、放電終了後所定の休止時間を経過したのち再びスイッチング素子109はオン状態とされ、スイッチング素子73をオンす

ることにより、次の放電のための電圧が印加される。

【0118】本実施例においては、加工に先だって可変コンデンサ40a~40dの切り換え調整を行い、インピーダンス整合回路12を実施例9の場合と逆特性に調整し、回路全体をキャパシティブ（容量性）にすることにより、コンデンサ放電部75のあと放電消弧を行って放電アークを遮断し、図16（c）に示すような直流アーク放電部76がない電流波形78を発生させて加工を行う。さらに、上記のように放電直後にバイパス回路107を極間から切り離すことにより、コンデンサ放電部75のあとの直流アークを完全に除去することができる。この波形は特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材等パルス幅が大きくなるとクラック等の欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる。

【0119】実施例11. 次に本発明の実施例11について図25及び図21（b）を用いて説明する。図25は両極性パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、インピーダンス整合を行いながら加工を行う放電加工装置の一例を示したものである。実施例7で述べたように、両極性パルスによる加工は、油中加工においては加工速度の向上が図れ、また水中加工においては工作物の電解腐食を防止できる等の特徴がある。図において、3は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、6は電極・被加工物により形成される極間部、80は両極性パルス電圧を極間に供給する両極性パルス電源、81は直流電源、82、83は各極性における電流値を決定する電流制限用抵抗器、84a、84bは正極性側のパルス電流を供給するためのスイッチング素子、85a、85bは負極性側のパルス電流を供給するためのスイッチング素子、12はインピーダンス整合回路、108はインピーダンス整合回路12に直列に接続されたスイッチング素子、106は抵抗器、107はインピーダンス整合回路12に並列に設けられたバイパス回路である。86は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分（静電容量）、30は工作物、31は電極である。また、インピーダンス整合回路12としては、例えば図9のような回路が用いられている。

【0120】次に動作について説明する。まず、両極性パルス電源80は、実施例7と同様にスイッチング素子84a、84bとスイッチング素子85a、85bを交互にオン・オフ動作させることにより極間6に直流電源71の電圧によって決定される両極性電圧を印加して加工を行うものである。極間6において正極性側の放電が発生すると、スイッチング素子84a、84bは所定時間オン動作を持続することにより、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。スイッチング素子84a、84bがオフして正極性側の放電が終了

したのち、スイッチング素子85a、85bをオンして逆極性側に電圧を印加し、放電発生後は所定時間オン状態を継続することにより、電流パルスが供給される。次いで、極間において発生した放電は、図示されない放電検出手段により検出され、放電発生と同時にまたは所定時間経過後にスイッチング素子108をオフし、インピーダンス整合回路12を極間から切り離す。その後、放電終了後所定の休止時間を経過したのち再びスイッチング素子108はオン状態とされ、スイッチング素子73をオンすることにより、次の放電のための電圧が印加される。

【0121】インピーダンス整合回路12は、加工に先だって可変コンデンサ40a~40dの切り換え調整を行い、回路全体をインダクティブ（誘導性）にすることにより、図21（b）に示すように正極性側の放電発生時におけるコンデンサ放電部87を除去することができる。さらに、上記のように放電直後にインピーダンス整合回路12を極間から切り離すことにより、その後の直流アークを安定に維持することができる。この電流波形は比較的方形波に近く、ピークの高いコンデンサ放電部87がないため、特に油を加工液に用いた形彫放電加工等において良質な加工面が得られるとともに、電極の消耗が著しく低減する特性がある。また、極間における静電容量が大きい場合においても良質な加工面を得ることができる。

【0122】なお、上記のような両極性の加工においては、正極性側と逆極性側の電源の出力インピーダンスが異なるため、両方の極性に対して厳密にインピーダンス整合を行うことはできないが、加工に寄与する極性側（本実施例においては正極性側）に対してインピーダンス整合をとることにより、実用上問題のない加工特性が得られる。

【0123】実施例12. 次に本発明の実施例12について図26及び図21（c）を用いて説明する。図26は両極性パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、インピーダンス整合を行いながら加工を行う放電加工装置の一例を示したものである。図において、3は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、6は電極・被加工物により形成される極間部、80は両極性パルス電圧を極間に供給する両極性パルス電源、81は直流電源、82、83は各極性における電流値を決定するは電流制限用抵抗器、84a、84bは正極性側のパルス電流を供給するためのスイッチング素子、85a、85bは負極性側のパルス電流を供給するためのスイッチング素子、12はインピーダンス整合回路、106は抵抗器、109は抵抗器106に直列に接続されたスイッチング素子、107はインピーダンス整合回路に並列に設けられたバイパス回路、86は電極・被加工物間に形成される

極間コンデンサ分（静電容量）、30は工作物、31は電極である。また、インピーダンス整合回路12としては、例えば図9のような回路が用いられている。

【0124】次に動作について説明する。実施例11と同様、両極性パルス電源80は、スイッチング素子84a、84bとスイッチング素子85a、85bを交互にオン・オフ動作させることにより極間6に直流電源71の電圧によって決定される両極性電圧を印加して加工を行うものである。極間6において正極性側の放電が発生すると、スイッチング素子84a、84bは所定時間オン動作を継続することにより、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。スイッチング素子84a、84bがオフして正極性側の放電が終了したのち、スイッチング素子85a、85bをオンして逆極性側に電圧を印加し、放電発生後は所定時間オン状態を継続することにより、電流パルスが供給される。極間において発生した放電は、図示されない放電検出手段により検出され、放電発生と同時にまたは所定時間経過後にスイッチング素子109をオフし、バイパス回路17を遮断する。その後、放電終了後所定の休止時間を経過したのち再びスイッチング素子109はオン状態とされ、スイッチング素子73をオンすることにより、次の放電のための電圧が印加される。

【0125】本実施例においては、インピーダンス整合回路12を実施例11の場合と逆特性に調整し、回路全体をキャパシティブ（容量性）にすることにより、コンデンサ放電部87のあと放電消弧を行って放電アークを遮断し、図21（c）に示すような直流アーク放電部88がない電流波形93を発生させて加工を行う。さらに、上記のように放電直後にバイパス回路107を極間から切り離すことにより、コンデンサ放電部75のあとの直流アークを完全に除去することができる。この波形は特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材等パルス幅が大きくなるとクラック等の欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる。

【0126】なお、上記のような両極性の加工においては、実施例8の場合と同様、正極性側と逆極性側の電源の出力インピーダンスが異なるため、両方の極性に対して厳密にインピーダンス整合を行うことはできないが、加工に寄与する極性側（本実施例においては正極性側）に対してインピーダンス整合をとることにより、実用上問題のない加工特性が得られる。

【0127】なお、上記実施例11、実施例12の場合一方の極性に対してのみインピーダンス整合を行う例を示したが、図22に示すように両方の極性に対しておの独立して設け、両方の極性に対して厳密にインピーダンス整合を行うことにより、より良好な加工特性が得られる。

【0128】実施例13. 次に本発明の実施例13につ

いて図 27 を用いて説明する。図 27 は直流パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、抵抗とコイルの直列回路を極間に対して並列に挿入した放電加工装置の一例を示したものである。図において、3 は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4 は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、6 は電極・被加工物により形成される極間部、70 は直流パルス電圧を極間に供給する直流パルス電源、71 は直流電源、72 は電流制限用抵抗器、73 はスイッチング素子、110 は抵抗器、111 はコイル、74 は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分（静電容量）、30 は工作物、31 は電極である。

【0129】次に動作について説明する。まず、直流パルス電源 70 は、実施例 6 と同様にスイッチング素子 73 のオン・オフ動作を行うことにより極間 6 に直流電源 71 の電圧によって決定される電圧を印加して加工を行うものである。即ち、スイッチング素子 73 がオンすると、電流制限抵抗 72 を介して極間に電圧が印加される。極間 6 において放電が発生すると、スイッチング素子 73 は所定時間オン動作を持続したのちオフされ、所定パルス幅の電流パルスが極間に供給され、加工が行われる。

【0130】放電発生後は極間にはコンデンサ放電電流 75 が流れるが、コンデンサ放電電流の第一半波のあとの高周波振動成分が、極間に並列に接続されているコイル 111 のインダクタンスに吸収されるため、直流アーク部分のない第一半波のみのコンデンサ放電電流にて加工が行われる。こうした回路は、スイッチング素子 73 を 0.5~1  $\mu$ sec 程度の短い時間オンして加工を行う場合に特に効果がある。こうした波形は、実施例 6 と同様、特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材等パルス幅が大きくなるとクラック等の欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる。

【0131】実施例 14. 次に本発明の実施例 14 について図 28 を用いて説明する。図 28 は直流パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、抵抗とコイルの直列回路を極間に対して並列に挿入した放電加工装置の一例を示したものである。図において、3 は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4 は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、6 は電極・被加工物により形成される極間部、70 は直流パルス電圧を極間に供給する直流パルス電源、71 は直流電源、72 は電流制限用抵抗器、73 はスイッチング素子、110 は抵抗器、111 はコイル、112 はスイッチング素子 73 を高周波スイッチングするための駆動手段、74 は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分（静電容量）、30 は工作物、31 は電極である。

【0132】次に動作について説明する。実施例 13 同様、直流パルス電源 70 は、スイッチング素子 73 のオン・オフ動作を行うことにより極間 6 に直流電源 71 の電圧によって決定される電圧を印加して加工を行うものである。即ち、スイッチング素子 73 がオンすると、電流制限抵抗 72 とインダクタンス 4 を介して極間に電圧が印加される。極間 6 において放電が発生すると、スイッチング素子 73 は所定時間 T1 の間高周波のオン・オフ動作動作を繰り返して放電が発生させた後、所定の休止時間 T2 を挿入する。これらの動作を繰り返しながら加工が行われる。

【0133】放電発生後は極間にはコンデンサ放電電流 75 が流れるが、コンデンサ放電電流の第一半波のあとの高周波振動成分が、極間に並列に接続されているコイル 111 のインダクタンスに吸収されるため、直流アーク部分のない第一半波のみの高周波コンデンサ放電電流にて加工が行われる。しかも、スイッチング素子 73 を高周波でオン・オフ動作させるようにしたため、持続的なアークの発生が抑えられ、加工が安定となる。また、ワイヤ放電加工においてはワイヤ電極の振動が抑えられ、真直精度が向上する。こうした回路は、スイッチング素子 73 を 0.5~2 MHz 程度の高周波でオン・オフさせると特に効果がある。

【0134】実施例 15. 次に本発明の実施例 15 について図 29 を用いて説明する。図 29 は直流パルスを用いて加工を行う放電加工装置において、抵抗とコイルスイッチング素子との直列回路を極間に対して並列に挿入した放電加工装置の一例を示したものである。図において、3 は電流供給線（フィーダー線）及び回路に存在する浮遊キャパシタンス、4 は電流供給線及び機械構造部（給電部等）に存在する浮遊インダクタンス、6 は電極・被加工物により形成される極間部、70 は直流パルス電圧を極間に供給する直流パルス電源、71 は直流電源、72 は電流制限用抵抗器、73 はスイッチング素子、110 は抵抗器、111 はコイル、113 は抵抗器 110 とコイル 111 に直列に接続されたスイッチング素子、74 は電極・被加工物間に形成される極間コンデンサ分（静電容量）、30 は工作物、31 は電極である。

【0135】次に動作について説明する。実施例 13 同様、直流パルス電源 70 は、スイッチング素子 73 のオン・オフ動作を行うことにより極間 6 に直流電源 71 の電圧によって決定される電圧を印加して加工を行うものである。即ち、スイッチング素子 73 がオンすると、電流制限抵抗 72 を介して極間に電圧が印加される。極間 6 において放電が発生すると、スイッチング素子 73 をオフするとともに、スイッチング素子 113 がオンされコイル 111 が極間に接続される。

【0136】放電発生後は極間にはコンデンサ放電電流 75 が流れるが、コンデンサ放電電流の第一半波のあと



の高周波振動成分が、極間に並列に接続されているコイル 111 のインダクタンスに吸収されるため、直流アーク部分のない第一半波のみのコンデンサ放電電流にて加工が行われる。さらに、放電が発生するまでの電圧印加時にはコイル 111 に電流は流れないため、回路内部でのロスがなく、印加電圧の立ち上がりが高められ、加工の安定性を向上することができる。

【0137】実施例 16. 次に本発明の実施例 16 を図 30 及び図 31 に基づいて説明する。放電加工装置において特に加工面積が大きく変化する場合は、電源周波数が変化する場合は、インピーダンス整合回路の複数のインダクタンスを切り換える必要がある場合がある。図 30 はこうした放電加工装置におけるインピーダンス整合回路 12 の複数のインダクタンスを、プリント基板上のパターンにて構成した実施例を示したものである。図において、50 はプリント基板、120a~120d はプリント基板 50 上に形成されたプリントパターン、121a~121d はそれぞれプリントパターン 120a~120d に対して並列に接続されたりレーである。又、図 30 は上記インダクタンス可変手段を用いた放電加工装置のインピーダンス整合回路の実施例であり、12 はインピーダンス整合回路、13、15 は可変コンデンサである。

【0138】次に動作について説明する。図 30、図 31 においてリレー 121a~121d が整合回路制御手段により開状態にされると、プリントパターン 120a~120d とによりインダクタンスが形成され、リレー 121a~121d の切り換えにより、16 段階のインダクタンスを選択することができる。各プリントパターンのインダクタンスはプリントパターン 120 の幅、長さ、パターンの形状により決定される。プリントパターン 120a~120d は、インダクタンスがほぼ係数が 2 の等比級数値を取るようにパターンの形状が設定されており、4 つのプリントパターンの組み合わせにより、16 種類の連続的なインダクタンスが選択できるようになっている。また実際にはリレー 121a~121d に微小なインダクタンスが存在し、これらのインダクタンスとの合成がトータルのインダクタンス値となるので、正確なインダクタンス値の切り換えを行うため、インダクタンスの値としてやや小さめの値に設定し、正確なインダクタンスの切り換えができるよう考慮している。このようにプリント基板上に並列したプリントパターン間のインダクタンスは、プリントパターンの形状によって容易に設計・製造できるとともに、特にインダクタンスが小さい領域において精度のばらつきも少なく高精度のインダクタンスの切り換えを行うことができる。なお、上記実施例においては放電加工装置のインピーダンス整合回路に対する応用例を示したが、他の高周波発振器の整合回路等のインダクタンス可変装置として使用してもよい。

【0139】実施例 17. 次に本発明の実施例 17 について図 32 を用いて説明する。図 32 は、インピーダンス整合回路 12 の複数のインダクタンスを、インダクタンスの異なる複数のケーブルにて形成した実施例を示したものである。図において、50 はプリント基板、123a~123d はプリント基板上の端子を介して接続されたケーブルで、長さの異なる複数のケーブルからなっており、一端がクローズ状態となるようダミーの端子 58a~58d に接続されている。121a~121d はそれぞれ端子 59a~59d を介してケーブル 123a~123b に接続されたりレーである。

【0140】動作については、前記プリントパターンによる実施例 16 と同様、リレー 121a~121d が整合回路制御手段により開状態にされると、ケーブル 123a~123d にインダクタンスが形成され、リレー 121a~121d の切り換えにより、16 段階のインダクタンスを選択することができる。各ケーブルのインダクタンスは、ケーブルの長さ、またはケーブルの種類によって設定する。ケーブル 123a~123d のインダクタンスは、インダクタンス値がほぼ係数が 2 の等比級数値を取るよう設定されており、4 つのケーブルの組み合わせにより、16 種類の連続的な静電容量値が選択できるようになっている。また実際にはリレー 121a~121d に微小なインダクタンスが存在し、これらのインダクタンスとの合成がトータルのインダクタンス値となるので、正確なインダクタンス値の切り換えを行うため、インダクタンスの値としてやや小さめの値に設定し、正確なインダクタンスの切り換えができるよう考慮している。

【0141】なお、上記のケーブルとしては実施例 4 に示したような同軸ケーブルは一般に静電容量が大きいいため、静電容量の小さな平行フィード等を使用するとよい。

【0142】このようにケーブルのインダクタンスは、ケーブルの長さ、種類によって容易に設計・製造できるとともに、機械に応じてインダクタンスの微調整が必要な場合等に有効である。

【0143】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、仕上げ加工時に、極間に接続されている高速加工用給電線の静電容量の影響を抑制するよう、極間に対してインピーダンス整合を行うことにより、高速加工用給電線の静電エネルギーが極間に放出されない状態として加工を行うことができるので、きわめて良質な  $0.5 \mu\text{mRmax}$  以下の加工面が安定して得られるとともに、最良面あらさとして  $0.2 \mu\text{mRmax}$  の鏡面加工が可能となる等の効果がある。また、従来のように絶縁治具によって工作物と定盤の遮断・接続を行う必要がなく、浸漬加工においても加工特性が悪化することもないため、加工精度、操作性、コストが大幅に改善される効果がある。



【0144】また本発明によれば、直流パルス電源または両極性パルス電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設け、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量による高ピークのコンデンサ放電電流が発生しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行い、方形波電流のみの放電電流を発生させて加工を行うようにしたため、特に油を加工液に用いた形彫放電加工などにおいて良質な加工面が得られるとともに、電極の消耗が著しく低減する効果がある。また、極間における静電容量が大きい場合においても良質な加工面を得る効果がある。

【0145】また本発明によれば、直流パルス電源または両極性パルス電源と極間との間にインピーダンス整合回路を設け、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量による高ピークのコンデンサ放電電流のあと、放電消弧を行って放電アークを遮断し、コンデンサ放電のあと方形波電流が継続しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行い、コンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて加工を行うようにしたため、特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材

などパルス幅が大きくなるとクラックなどの欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる効果がある。

【0146】また本発明によれば、両方の極性に対して各々独立に設けられたインピーダンス整合回路により、両極性パルス電圧の両方の極性に対してそれぞれ個別にインピーダンス整合を行い、放電加工を行うようにしたため、両方の極性に対して個別に厳密にインピーダンス整合を行うことができるようになり、より良好な加工特性を得ることができるようになる。

【0147】また本発明によれば、インピーダンス整合回路に複数のコンデンサと少なくとも1個のコイルを設けるとともに、該複数コンデンサを切り換える切り換え手段を設け、加工面積や加工板厚に応じて整合回路の複数のコンデンサを切り換えることにより、加工間隙に対してインピーダンス整合を行って加工するようにしたため、インピーダンス整合回路の構造が簡単で実装が容易になるとともに、インピーダンス整合回路の制御が著しく容易になり、小型で低コストの装置が得られる効果がある。

【0148】また本発明によれば、インピーダンス整合回路の複数のコンデンサを、プリント基板のパターンまたはケーブルの静電容量にて構成したため、コンデンサを容易に設計・製造できるとともに、精度のばらつきが少なく高精度の静電容量の切り換えを行うことができ、ひいては安定した仕上加工を実現する効果がある。また、低コストで小型の装置が得られる効果がある。

【0149】また本発明によれば、インピーダンス整合回路における複数の静電容量の値がほぼ係数が2の等比級数値を取るようにしたので、上述の効果に加え、リニ

アな静電容量の切り換えを行うことができるようになる。

【0150】また本発明によれば、インピーダンス整合回路における複数の静電容量を切り換える切り換え手段の静電容量の影響を補正する量だけ、該複数のコンデンサのおおのの値を増大した値に設定したので、切り換え手段の静電容量の影響を抑制できるようになり、上述の効果に加え、コンデンサ容量の合計値が正確に変化するようになる。

10 【0151】また本発明によれば、バイパス回路により直流パルス電圧または両極性パルス電圧を極間に印加して放電を発生させ、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流が発生しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行い、方形波電流のみの放電電流を発生させて放電加工を行うので、特に油を加工液に用いた形彫放電加工などにおいて良質な加工面が得られるとともに、電極の消耗が著しく低減する効果がある。また、極間における静電容量が大きい場合においても良質な加工面を得る効果がある。

20 【0152】また本発明によれば、バイパス回路により直流パルス電圧または両極性パルス電圧を極間に印加して放電を発生させ、放電発生後に直流方形波電流に先だって流れる極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断して方形波電流が継続しないよう、極間に対してインピーダンス整合を行い、コンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて放電加工を行うので、特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材などパルス幅が大きくなるとクラックなどの欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる効果がある。

30 【0153】また本発明によれば、極間に並列に挿入した抵抗とコイルからなる直列回路により、極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断して方形波電流が継続しないようにし、コンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて加工を行うように構成したので、特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材などパルス幅が大きくなるとクラックなどの欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる効果がある。

40 【0154】また本発明によれば、極間に並列に挿入した抵抗、コイルからなる直列回路を設けた状態にて、直流パルスを提供するためのスイッチング素子を所定時間高周波にてオン・オフ動作を繰り返すことにより、極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断して方形波電流が継続しないようにし、コンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて加工を行うように構成したので、特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材などパルス幅が大きくなるとクラック

50 などの欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加

工面を得ることができる効果がある。

【0155】また本発明によれば、極間に並列に挿入した抵抗、スイッチング素子からなる直列回路のスイッチング素子を、放電直後にオンすることにより、極間静電容量によるコンデンサ放電電流のあと、放電アークを遮断して方形波電流が継続しないようにし、コンデンサ放電電流のみの放電電流を発生させて加工を行うように構成したので、特に水を加工液として用いたワイヤ放電加工や、超硬材などパルス幅が大きくなるとクラックなどの欠陥が発生しやすい材料の加工において良質な加工面を得ることができる効果がある。

【0156】また本発明によれば、インピーダンス整合回路の複数のインダクタンスを、プリント基板のパターンまたはケーブルの静電容量にて構成したため、インダクタンスを容易に設計・製造できるとともに、精度のばらつきが少なく高精度のインダクタンスの切り換えを行うことができ、ひいては安定した仕上加工を実現する効果がある。また、低コストで小型の装置が得られる効果がある。

【0157】また本発明によれば、前記複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段自身のインダクタンスの影響を補正する量だけ、該複数のインダクタンスのおおのの値を減少した値に設定する構成としたので、切り換え手段のインダクタンスの影響を抑制できるようになり、上述の効果に加え、インダクタンスの合計値が正確に変化できるようになる。

【0158】また本発明によれば、放電加工装置のインピーダンス整合回路等に採用される静電容量可変装置の複数のコンデンサを、プリント基板のパターンまたはケーブルの静電容量にて構成したため、コンデンサを容易に設計・製造できるとともに、精度のばらつきが少なく高精度の静電容量の切り換えを行うことができ、ひいては安定した仕上加工を実現する効果がある。また、低コストで小型の装置が得られる効果がある。

【0159】また本発明によれば、前記静電容量可変装置の複数の静電容量を切り換える切り換え手段の静電容量の影響を補正する量だけ、該複数のコンデンサのおおのの値を増大した値に設定したので、切り換え手段の静電容量の影響を抑制できるようになり、上述の効果に加え、コンデンサ容量の合計値が正確に変化できるようになる。

【0160】また本発明によれば、放電加工装置のインピーダンス整合回路等に採用されるインダクタンス可変装置の複数のインダクタンスを、プリント基板のパターンまたはケーブルの静電容量にて構成したため、インダクタンスを容易に設計・製造できるとともに、精度のばらつきが少なく高精度のインダクタンスの切り換えを行うことができ、ひいては安定した仕上加工を実現する効果がある。また、低コストで小型の装置が得られる効果がある。

【0161】またまた本発明によれば、前記インダクタンス可変装置の複数のインダクタンスを切り換える切り換え手段のインダクタンスの影響を補正する量だけ、該複数のインダクタンスのおおのの値を減少した値に設定したので、切り換え手段のインダクタンスの影響を抑制できるようになり、上述の効果に加え、静電容量の合計値が正確に変化ようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における回路構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例1における実体回路構成を示す図である。

【図3】本発明の実施例1における加工特性を示す図である。

【図4】本発明の実施例1における給電線接続部分の一例を示す図である。

【図5】本発明の実施例1における給電線接続部分の他の例を示す図である。

【図6】本発明の実施例1における給電線接続部分の他の例を示す図である。

【図7】本発明の実施例2における、ワイヤカット放電加工装置に採用されるインピーダンス整合回路のインピーダンス制御回路を示す図である。

【図8】本発明の実施例2における、形彫放電加工装置に採用されるインピーダンス整合回路のインピーダンス制御回路を示す図である。

【図9】本発明の実施例2におけるインピーダンス整合回路の一例を示す図である。

【図10】本発明の実施例2におけるインピーダンス整合回路の動作説明図である。

【図11】本発明の実施例3におけるインピーダンス整合回路の一構造例を示す図である。

【図12】本発明の実施例3におけるインピーダンス整合回路の他の構造例を示す図である。

【図13】本発明の実施例3におけるインピーダンス整合回路の他の構造例を示す図である。

【図14】本発明の実施例4におけるインピーダンス整合回路の一構造例を示す図である。

【図15】本発明の実施例5及び実施例6における回路構成を示す図である。

【図16】本発明の実施例5及び実施例6における電流波形を示す図である。

【図17】本発明の実施例5におけるインピーダンス整合回路の一例を示す図である。

【図18】本発明の実施例5におけるインピーダンス整合回路の他の例を示す図である。

【図19】本発明の実施例6におけるインピーダンス整合回路の一例を示す図である。

【図20】本発明の実施例7及び実施例8における回路構成を示す図である。

39

【図 2 1】本発明の実施例 7 及び実施例 8 における電流波形を示す図である。

【図 2 2】本発明の実施例 7 及び実施例 8 における他の回路構成を示す図である。

【図 2 3】本発明の実施例 9 における回路構成を示す図である。

【図 2 4】本発明の実施例 1 0 における回路構成を示す図である。

【図 2 5】本発明の実施例 1 1 における回路構成を示す図である。

【図 2 6】本発明の実施例 1 2 における回路構成を示す図である。

【図 2 7】本発明の実施例 1 3 における回路構成を示す図である。

【図 2 8】本発明の実施例 1 4 における回路構成を示す図である。

【図 2 9】本発明の実施例 1 5 における回路構成を示す図である。

【図 3 0】本発明の実施例 1 6 におけるインダクタンス可変装置の一構造例を示す図である。

【図 3 1】本発明の実施例 1 6 におけるインダクタンス可変装置の一回路例を示す図である。

【図 3 2】本発明の実施例 1 7 におけるインダクタンス可変装置の一構造例を示す図である。

【図 3 3】従来の放電加工装置の回路構成を示す図である。

【図 3 4】従来の放電加工装置のインピーダンス整合回路の構成を示す図である。

【図 3 5】従来の放電加工装置の構造を示す図である。

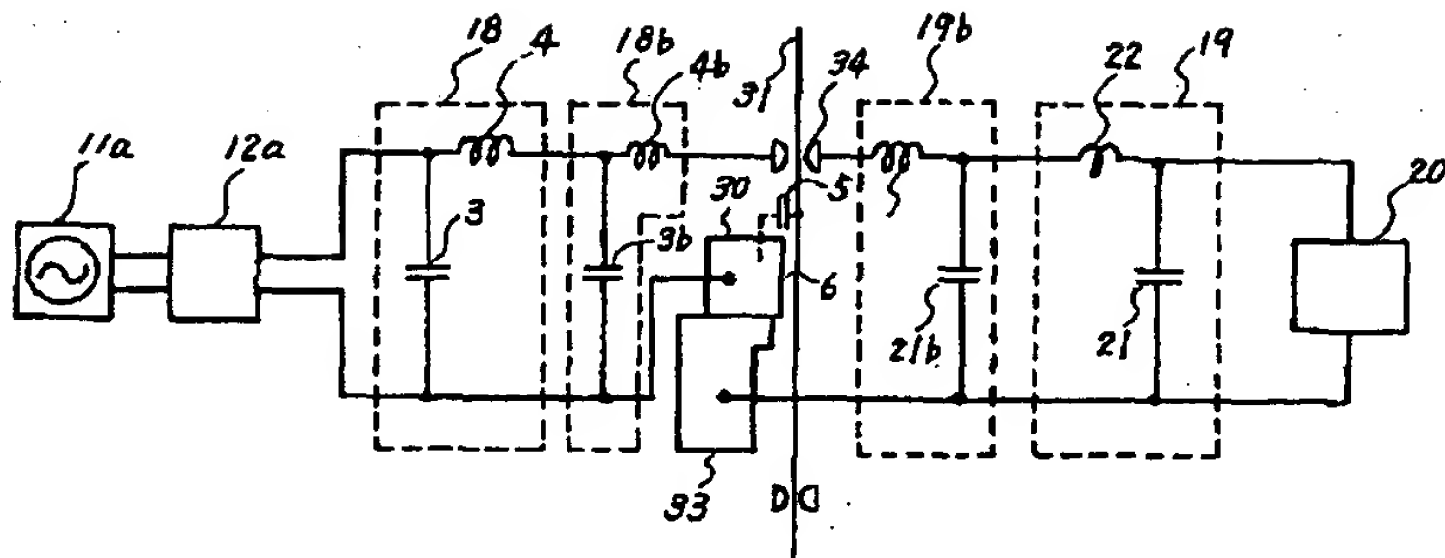
【符号の説明】

1 1、1 1 a 交流高周波電源  
1 2、1 2 a インピーダンス整合回路  
1 8 交流高周波加工用給電線  
3 浮遊キャパシタンス  
4 浮遊インダクタンス  
5 極間コンデンサ分  
6 極間部  
2 0 高速加工用電源  
1 9 高速加工用給電線  
2 1 浮遊キャパシタンス  
2 2 浮遊インダクタンス  
3 0 工作物  
3 1 ワイヤ電極  
3 2 クランプ治具  
3 3 定盤  
3 4 給電子  
3 5 マグネット  
3 6 銅端子  
3 7 加工液ノズル

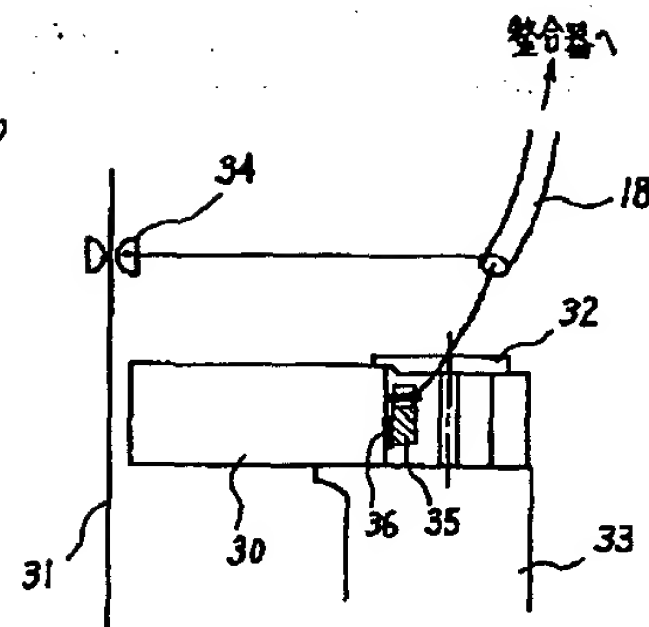
40

3 8 給電用接触子  
1 2 インピーダンス整合回路  
6 0 制御装置  
6 1、6 2 記憶装置  
6 3 演算手段  
6 4 整合回路制御手段  
1 3 結合コンデンサ  
1 4 コイル  
4 0 a ~ 4 0 d コンデンサ  
4 1 a ~ 4 1 d リレー  
5 0 プリント基板  
5 1 a ~ 5 1 d プリントパターン  
5 2 プリントパターン  
5 3 静電容量  
5 4 a ~ 5 4 d リレー  
5 5 a ~ 5 5 d プリントパターン  
5 6 a ~ 5 6 d プリントパターン  
5 7 a ~ 5 7 d 同軸ケーブル  
5 8 a ~ 5 8 d 端子  
5 9 a ~ 5 9 d 端子  
7 0 直流パルス電源  
7 1 直流電源  
7 2 電流制限用抵抗器  
7 3 スイッチング素子  
7 2 インピーダンス整合回路  
7 4 極間コンデンサ分  
1 0 1 コンデンサ  
1 0 2、1 0 3 可変コンデンサ  
1 0 4 コイル  
1 3 コンデンサ  
1 4 可変コンデンサ  
1 5 コイル  
8 0 両極性パルス電源  
8 1 直流電源  
8 2、8 3 電流制限用抵抗器  
8 4 a、8 4 b スイッチング素子  
8 5 a、8 5 b スイッチング素子  
8 6 極間コンデンサ分（静電容量）  
1 0 6 抵抗器  
1 0 7 バイパス回路  
1 0 8、1 0 9 スイッチング素子  
1 1 0 抵抗器  
1 1 1 コイル  
1 1 2 スイッチング素子駆動手段  
1 1 3 スイッチング素子  
1 2 0 a ~ 1 2 0 d プリントパターン  
1 2 1 a ~ 1 2 1 d リレー  
1 2 3 a ~ 1 2 3 d ケーブル

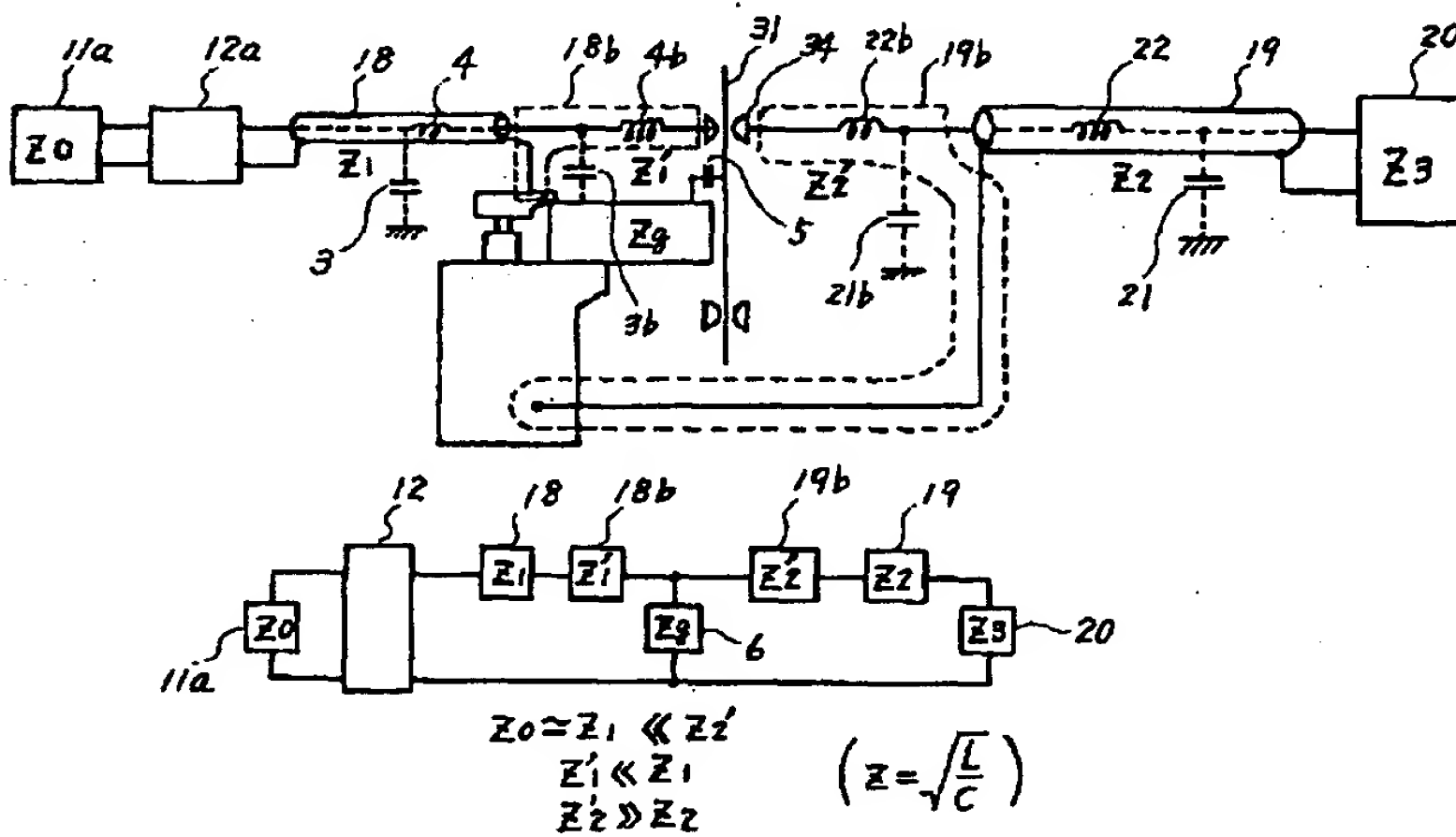
【図1】



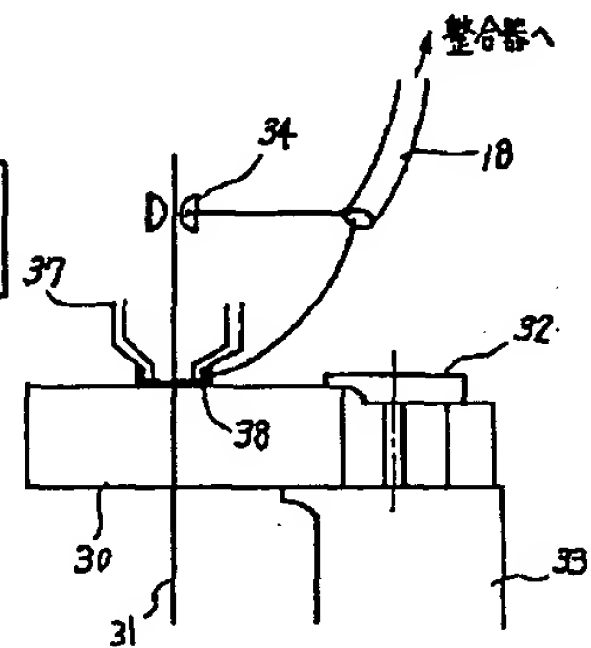
【図5】



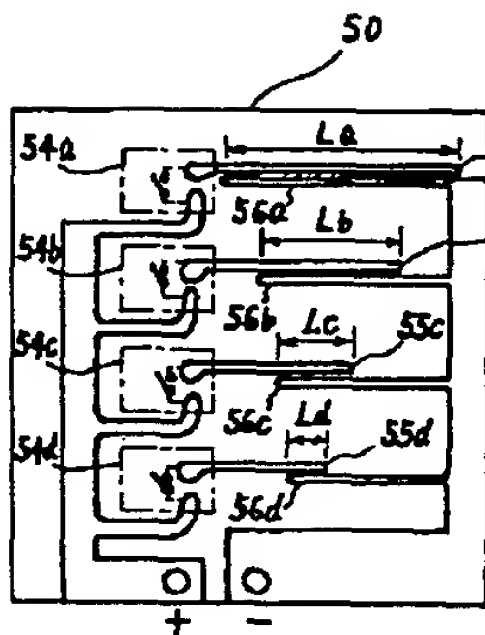
【図2】



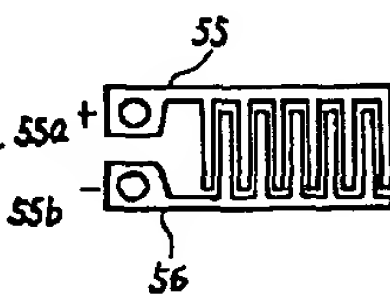
【図6】



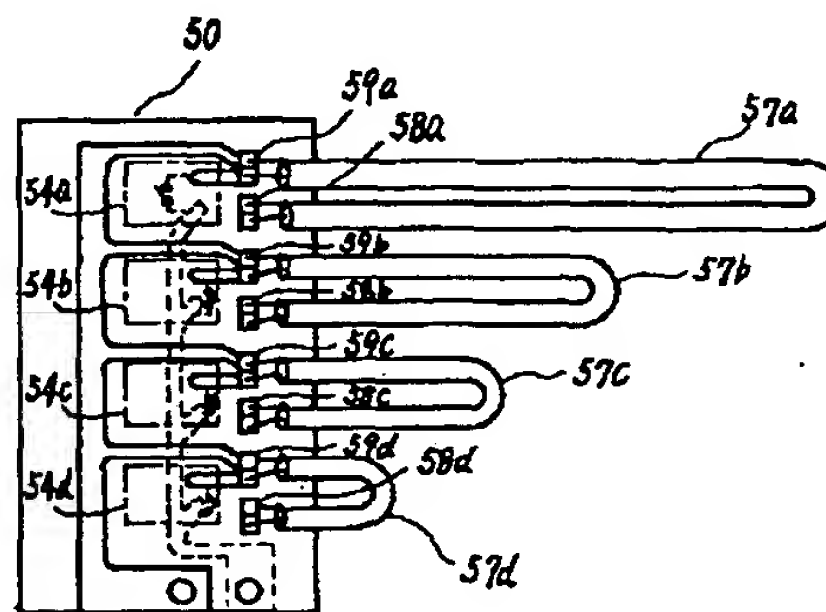
【図12】



【図13】

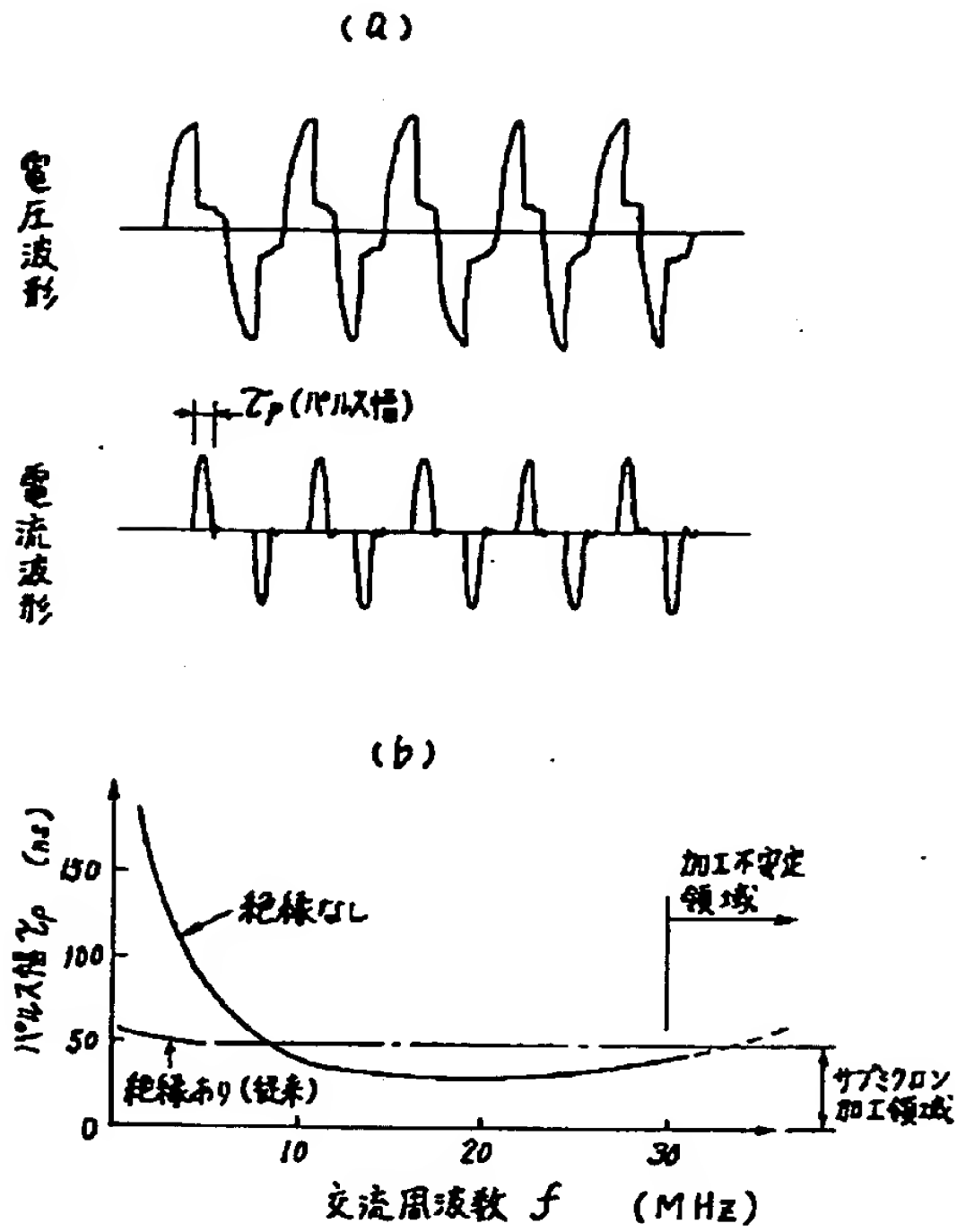


【図14】



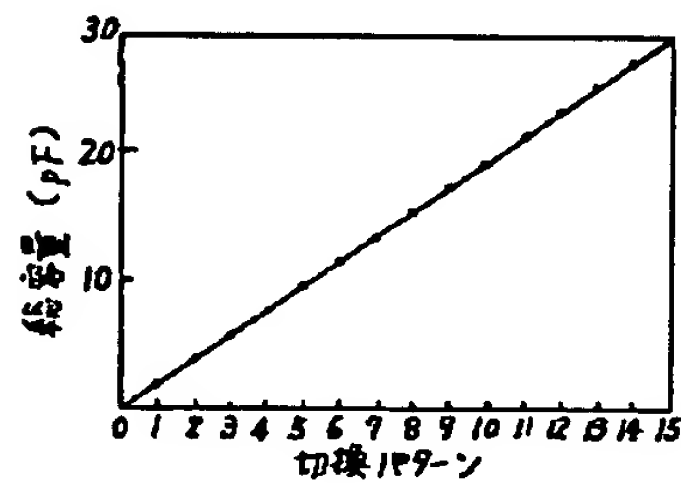


【図3】

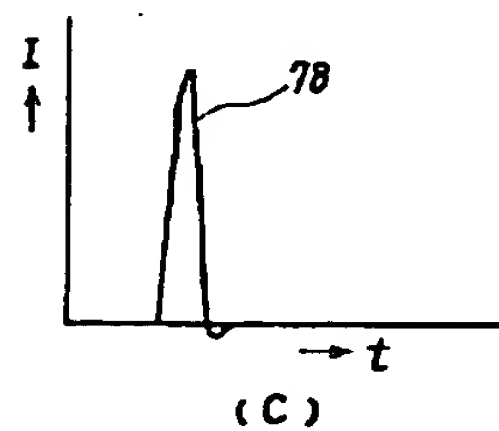
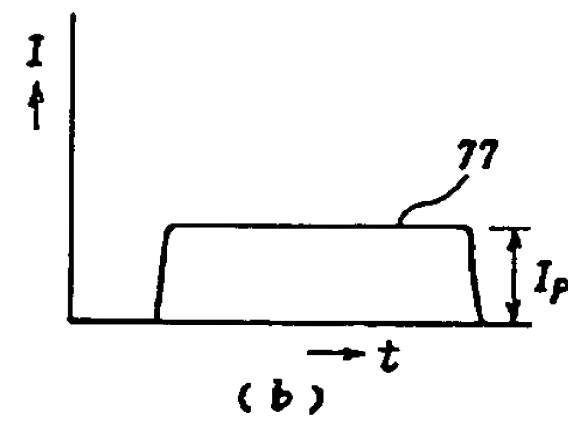
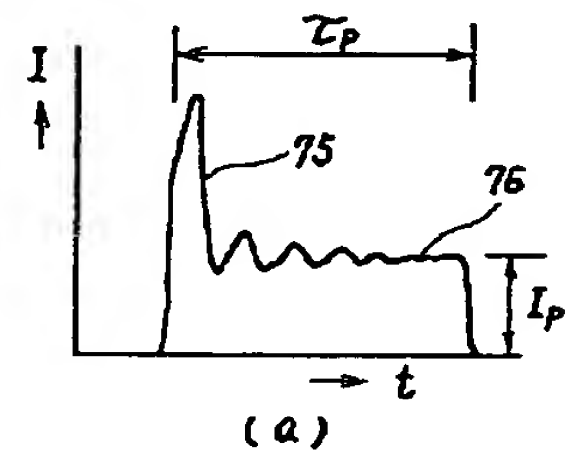
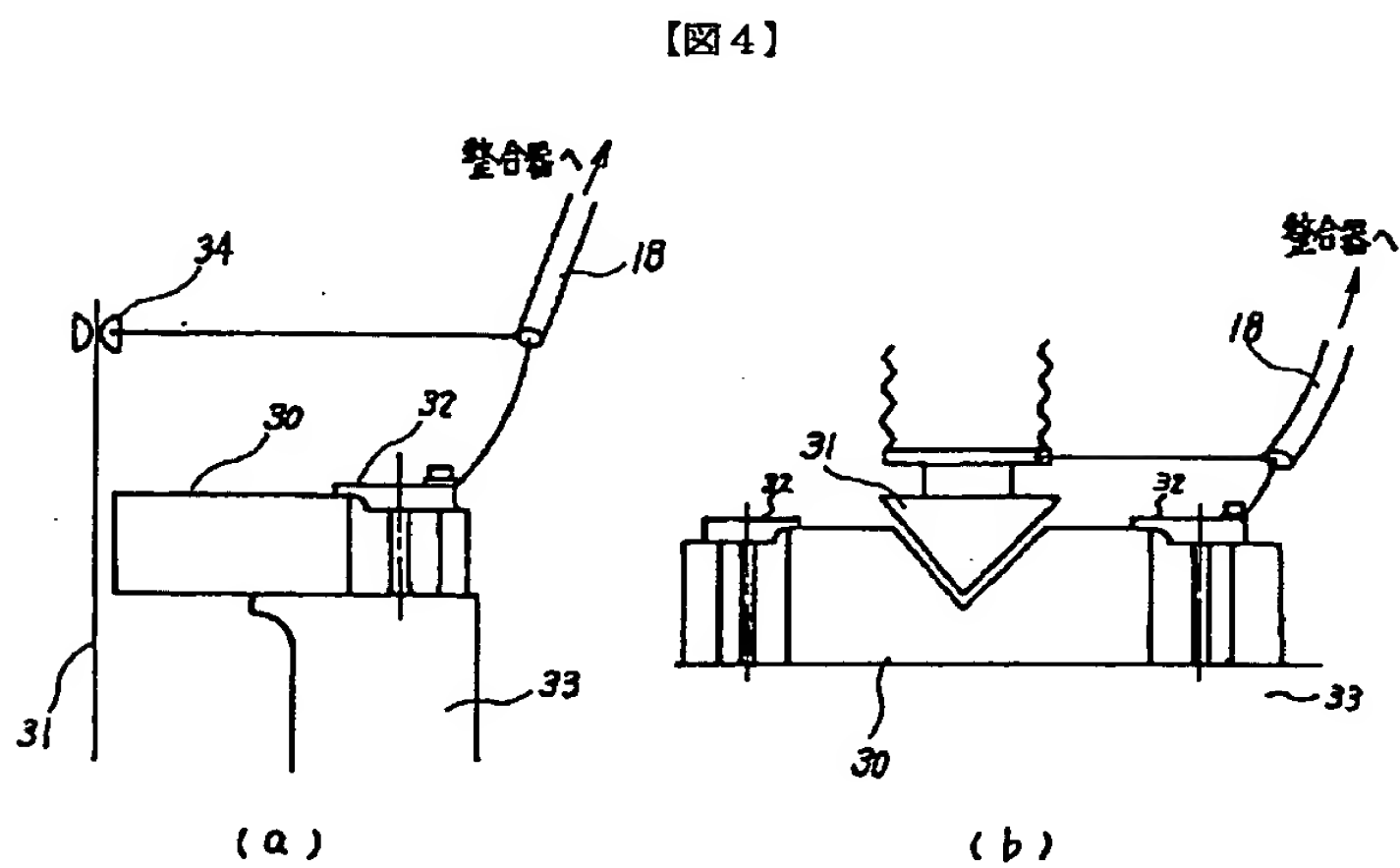


【図10】

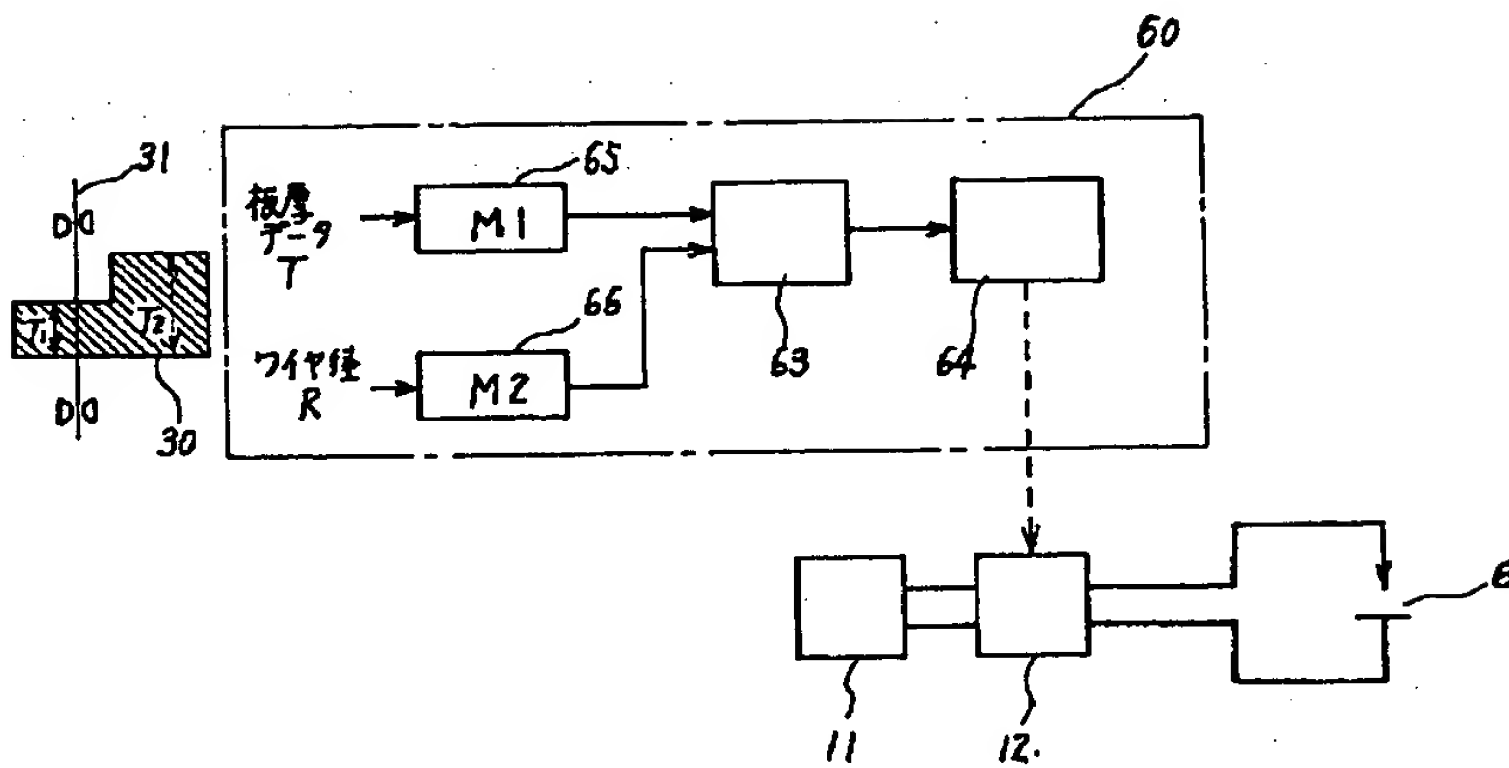
切換 パターン	40a (2pF)	40b (4pF)	40c (8pF)	40d (16pF)	容量合計
0	0	0	0	0	0 pF
1	1	0	0	0	2 pF
2	0	1	0	0	4 pF
3	1	1	0	0	6 pF
4	0	0	1	0	8 pF
5	1	0	1	0	10 pF
6	0	1	1	0	12 pF
7	1	1	1	0	14 pF
8	0	0	0	1	16 pF
9	1	0	0	1	18 pF
10	0	1	0	1	20 pF
11	1	1	0	1	22 pF
12	0	0	1	1	24 pF
13	1	0	1	1	26 pF
14	0	1	1	1	28 pF
15	1	1	1	1	30 pF



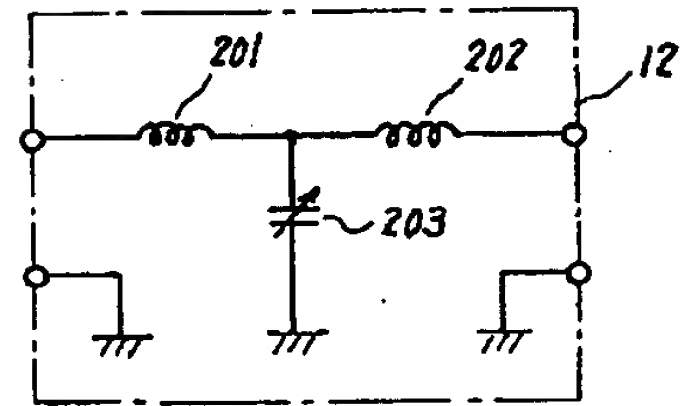
【図16】



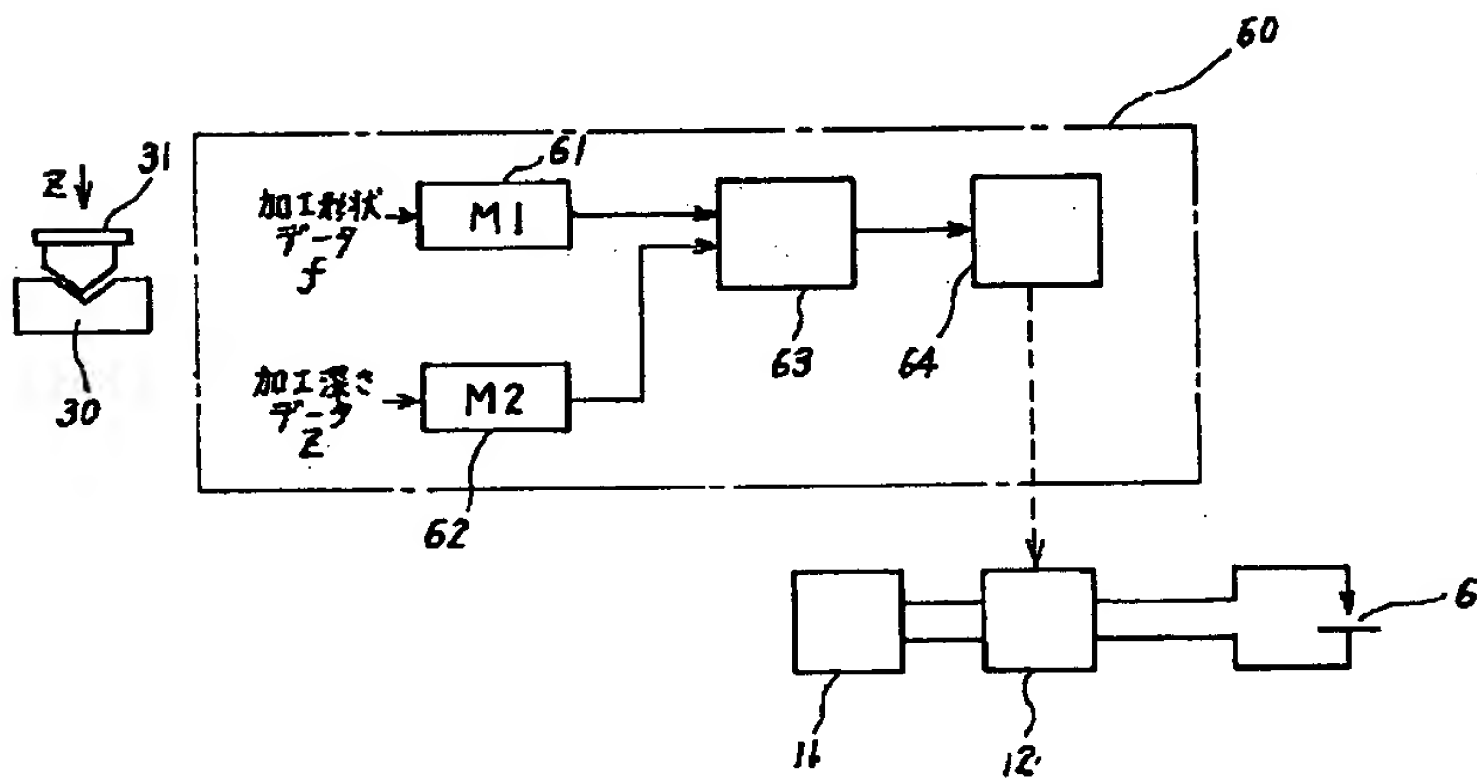
【図7】



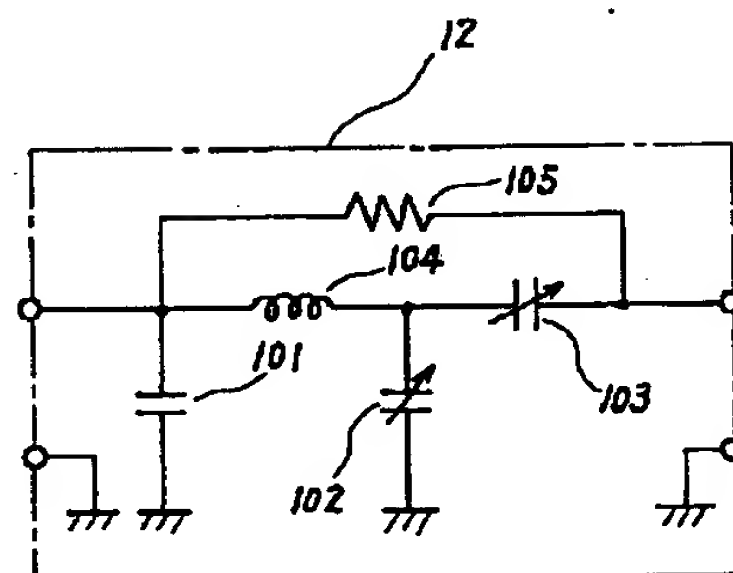
【図18】



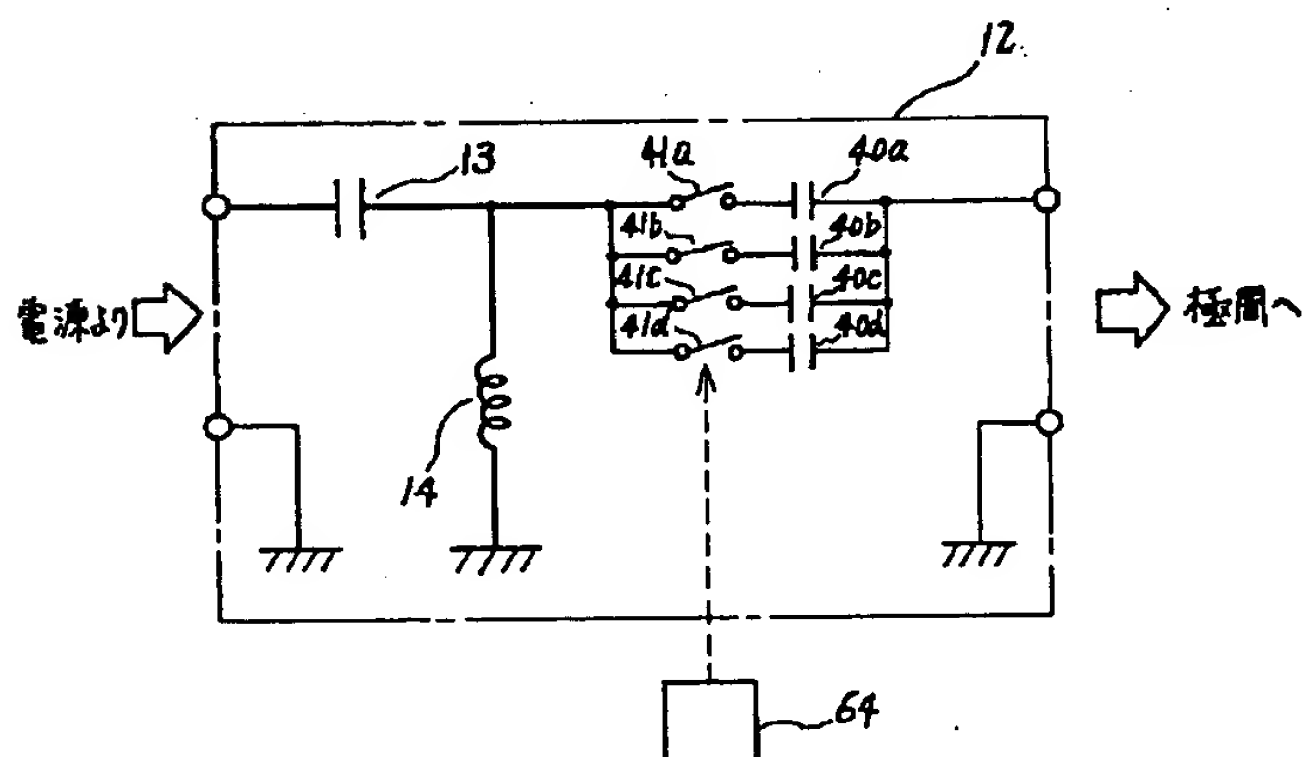
【図8】



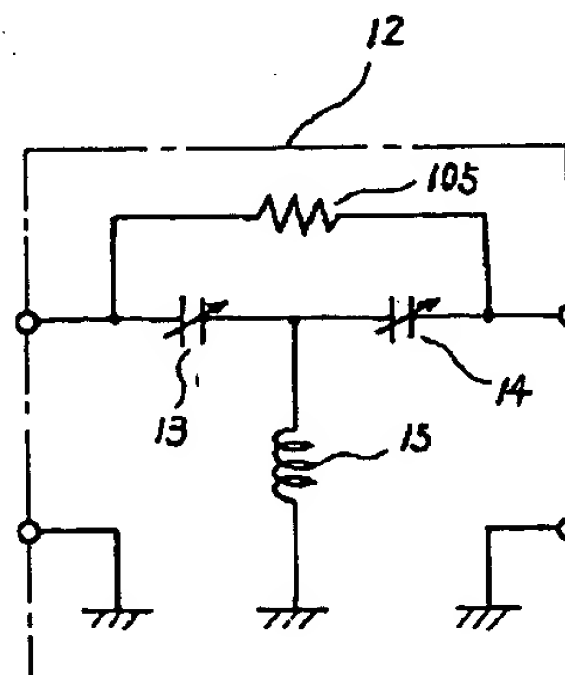
【図17】



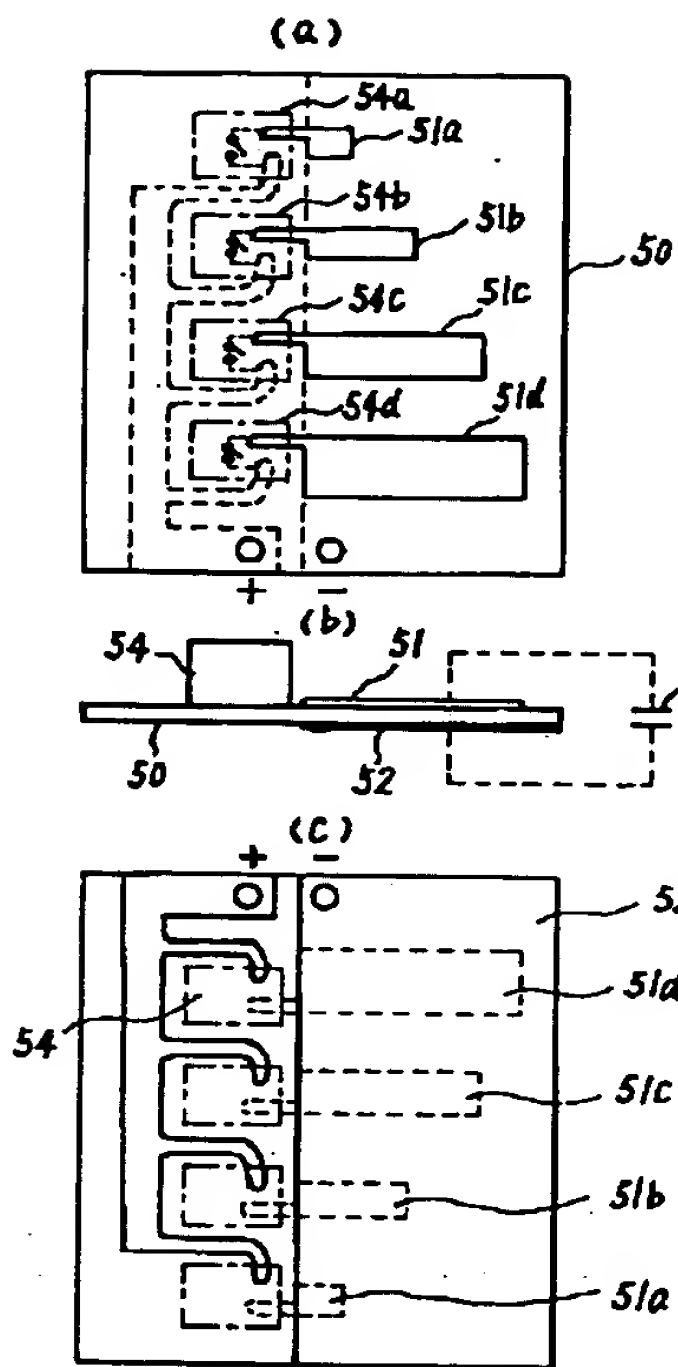
【図9】



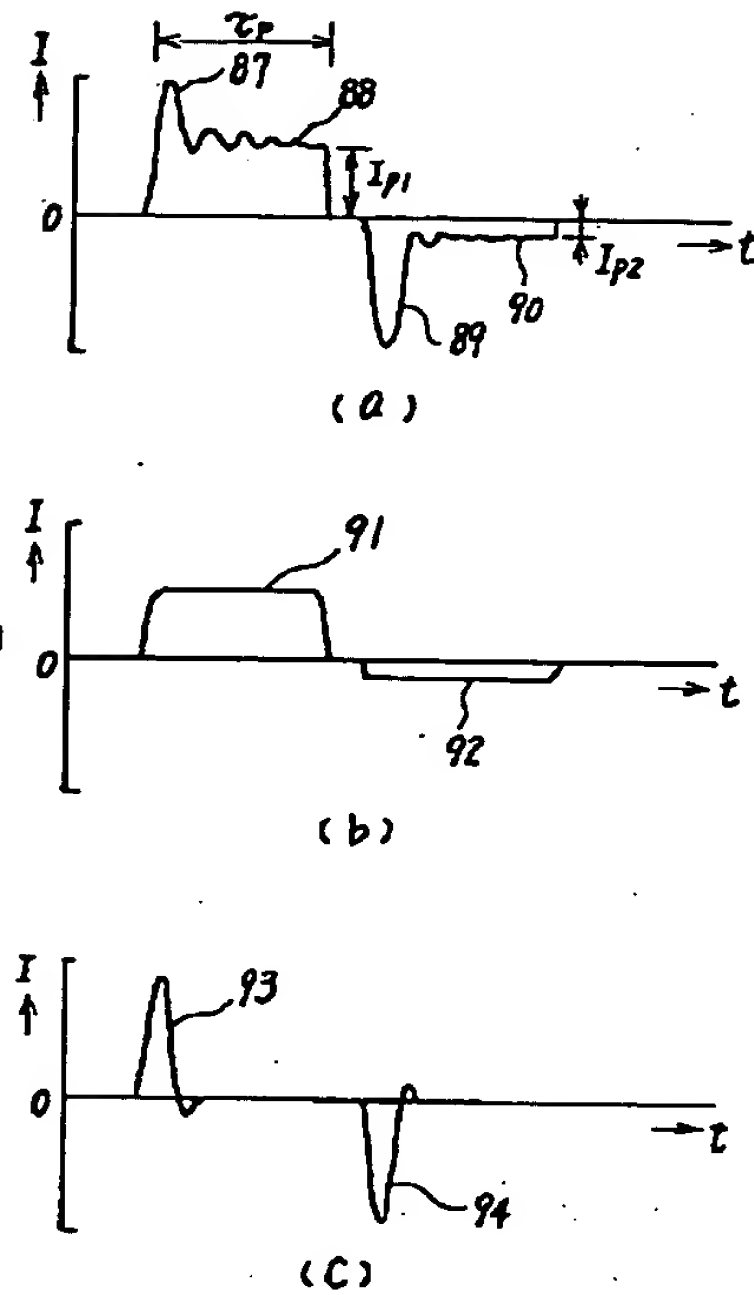
【図19】



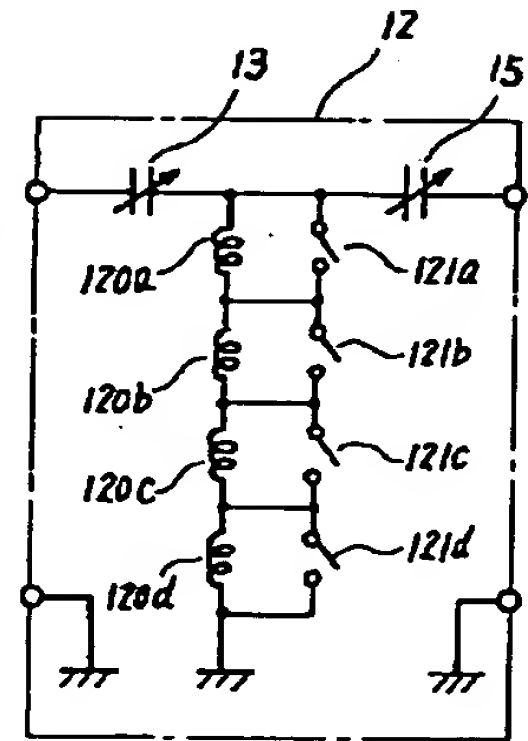
【図11】



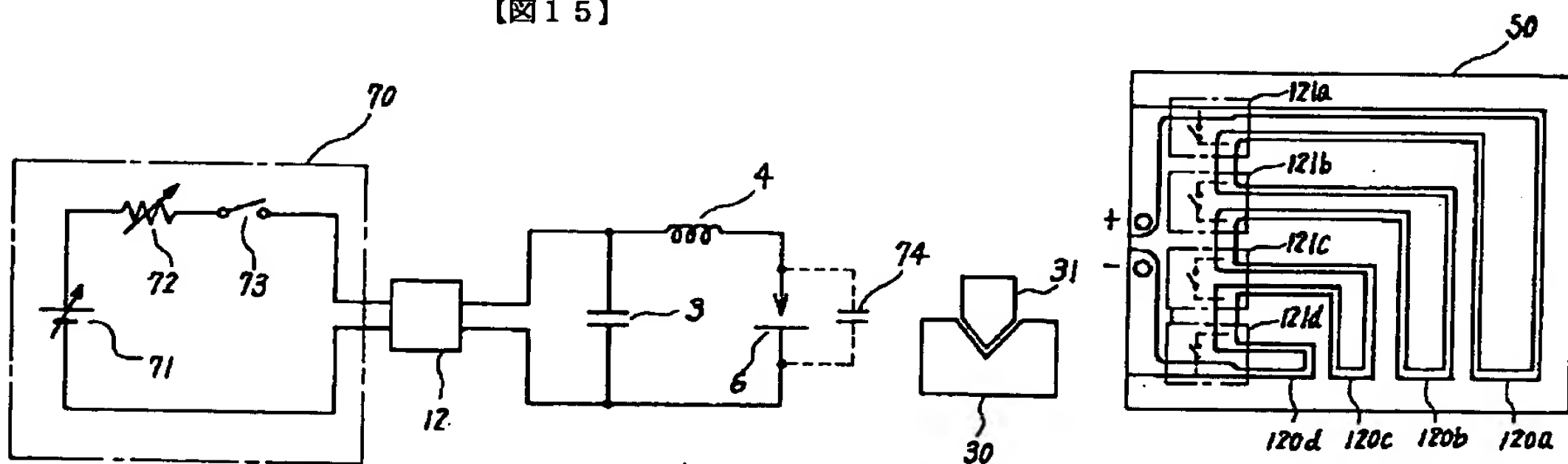
【図21】



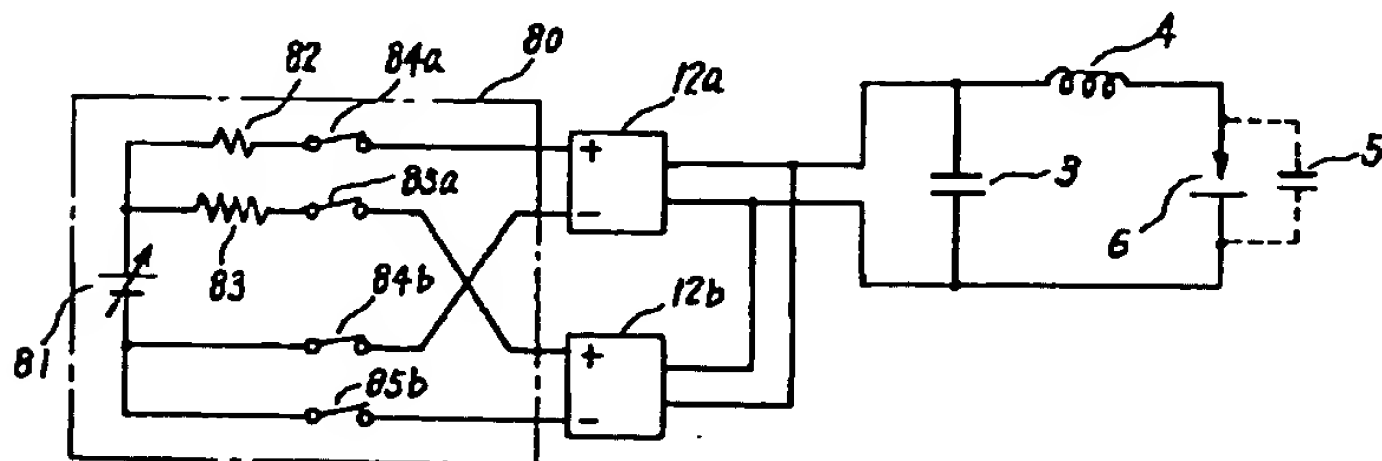
【図31】



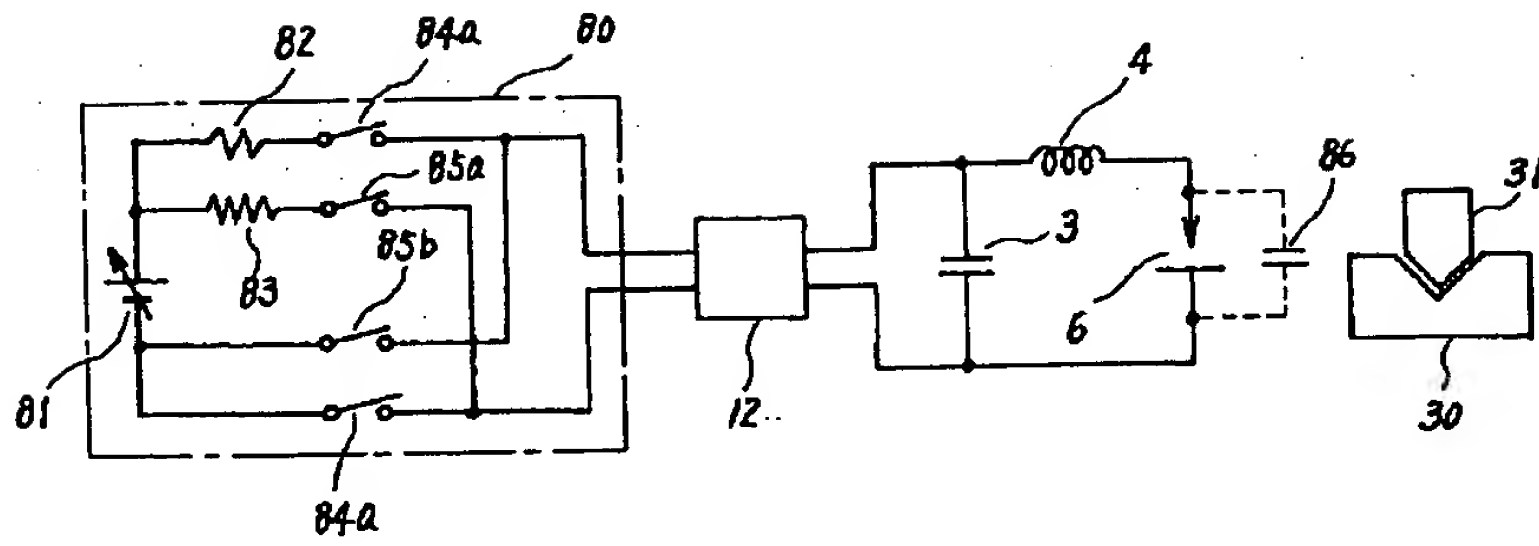
【図30】



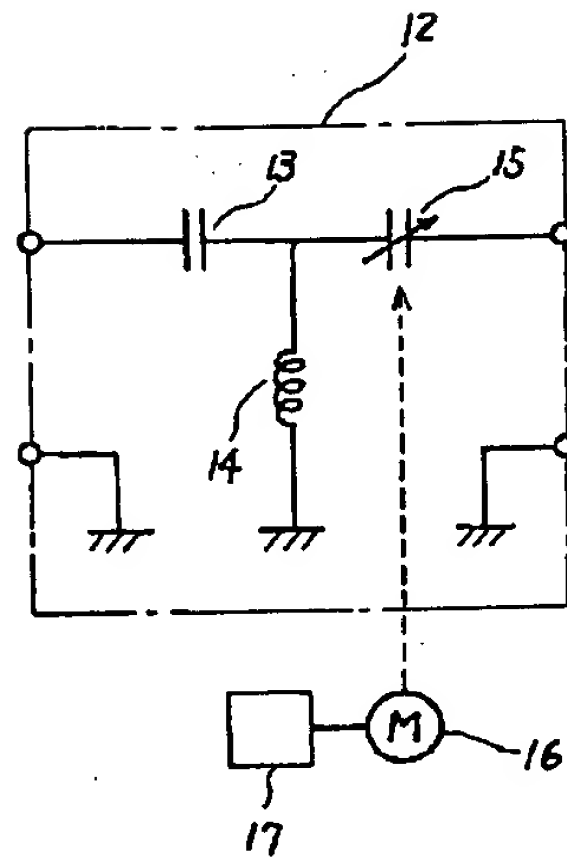
【図22】



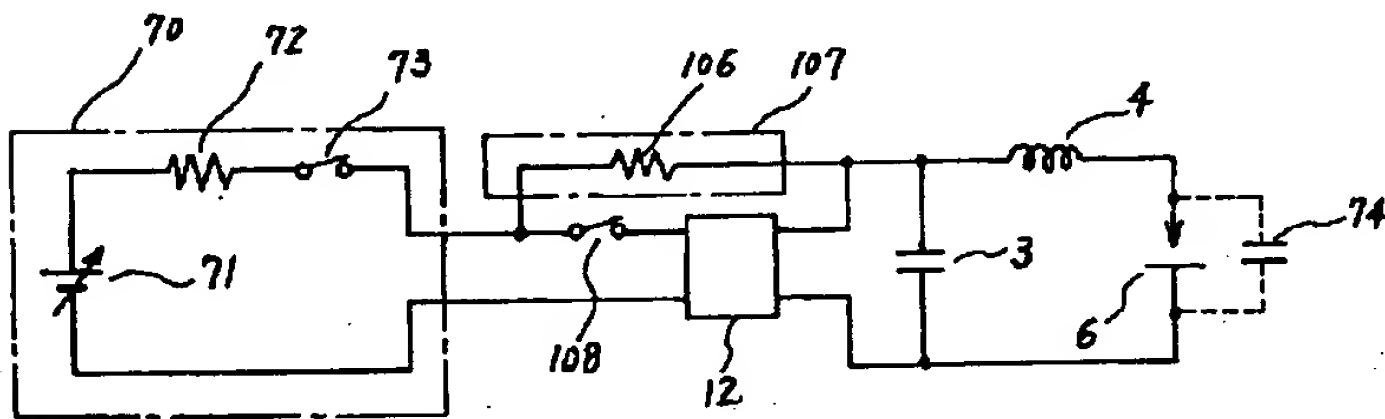
【図20】



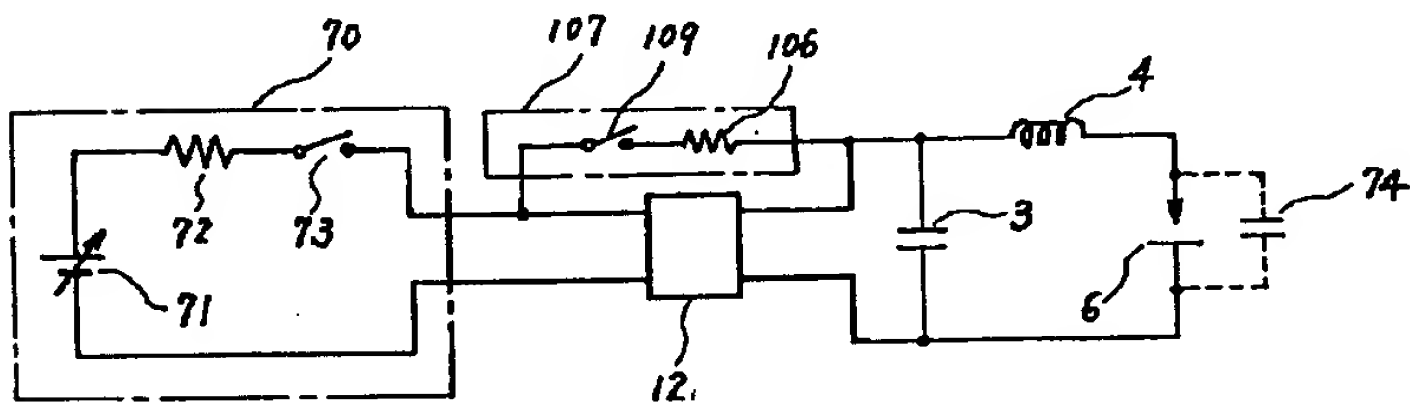
【図34】



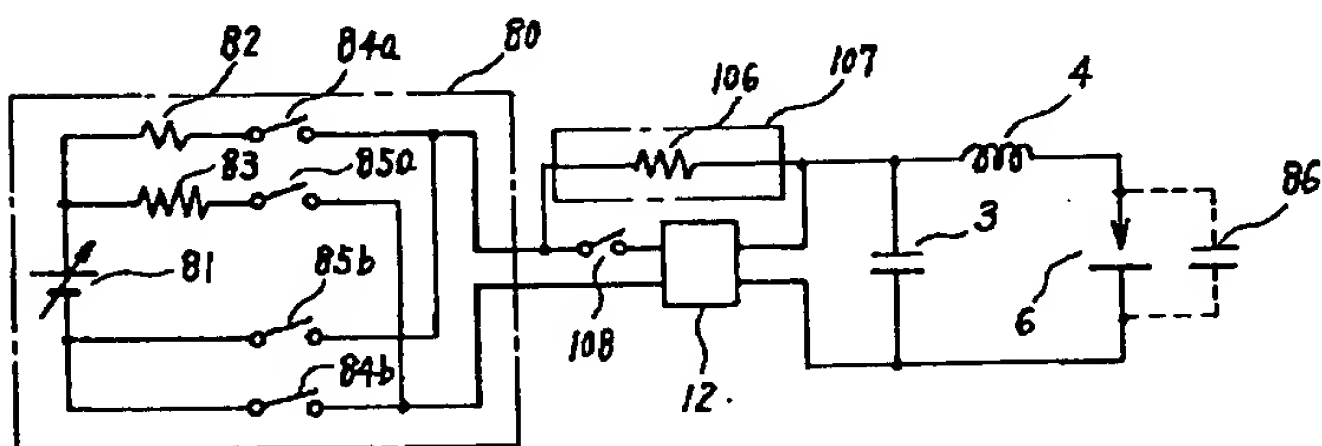
【図23】



【図24】

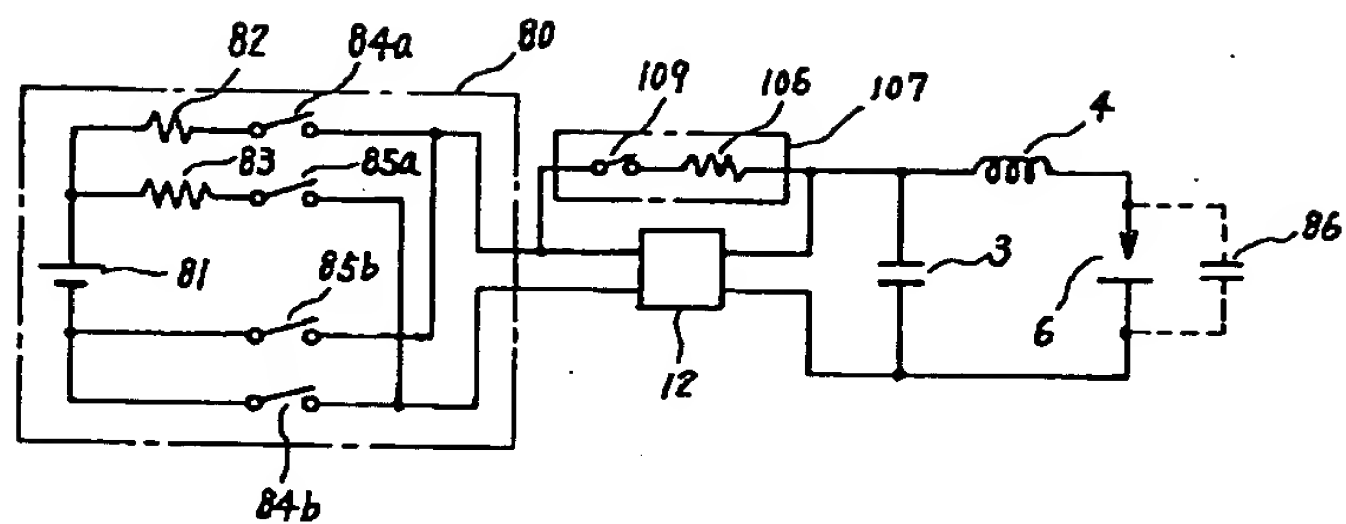


【図25】

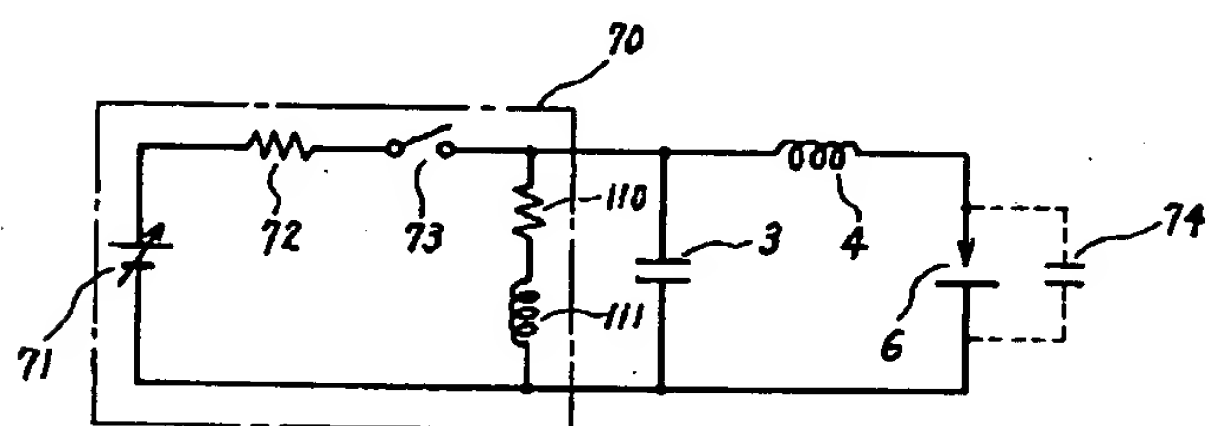




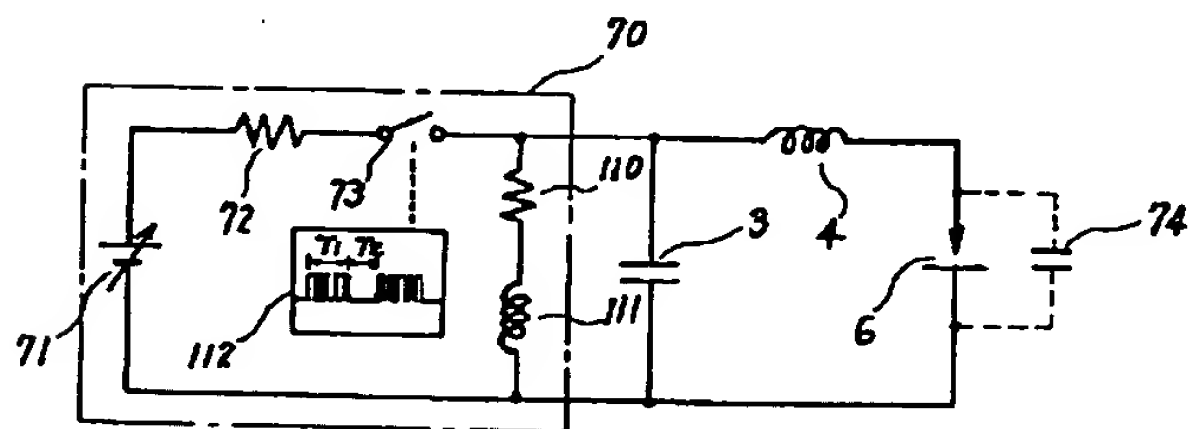
【図26】



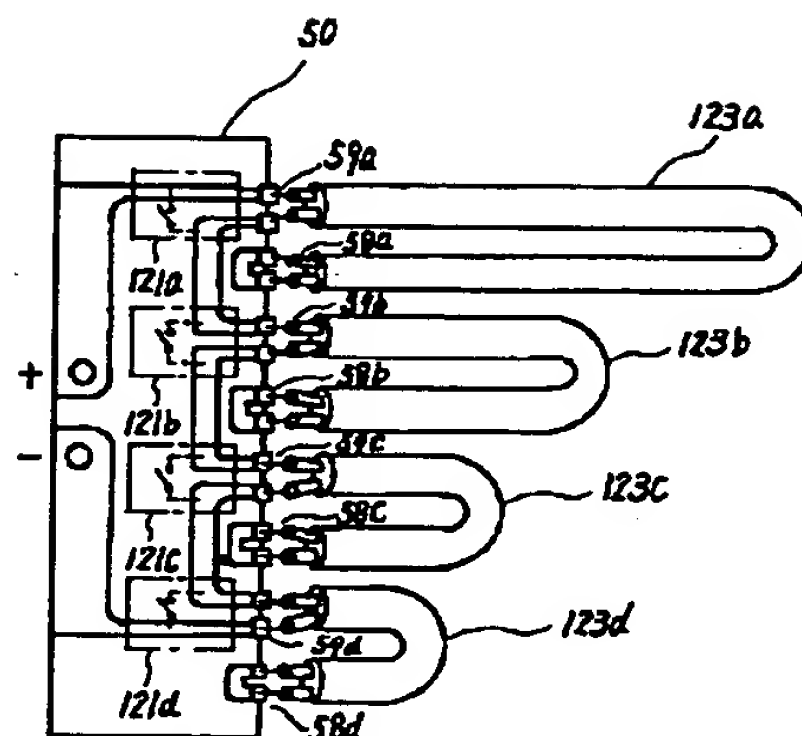
【図27】



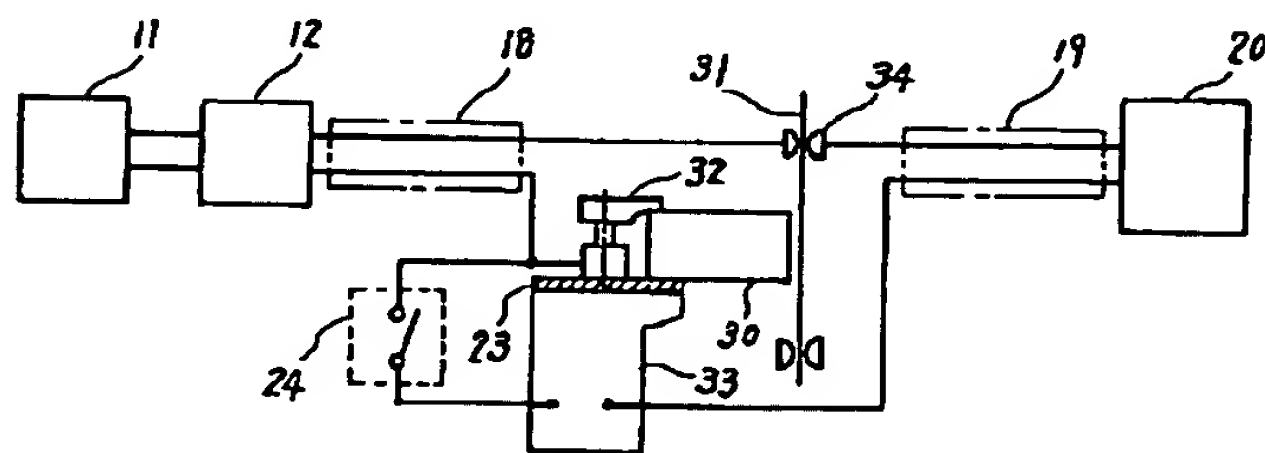
【図28】



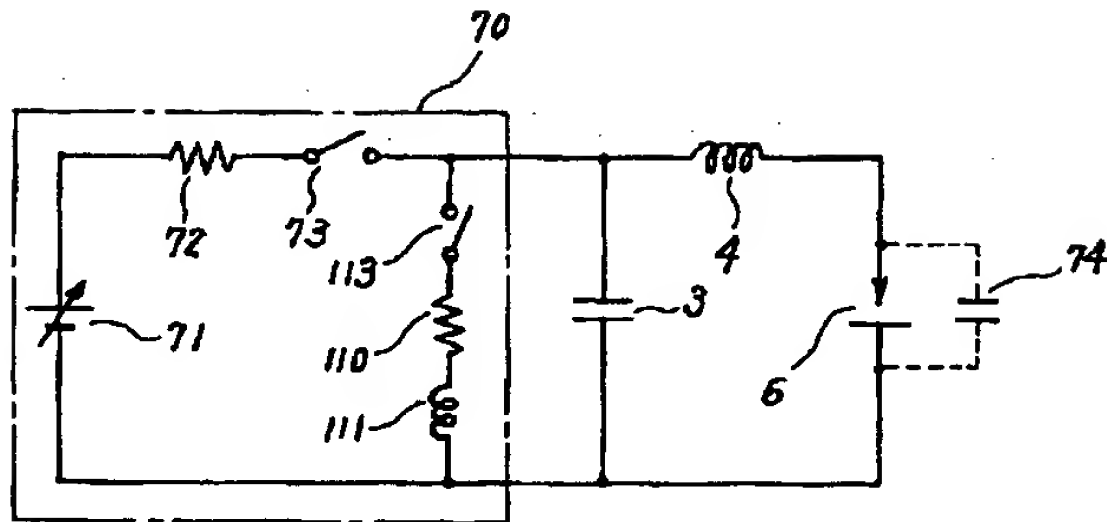
【図32】



【図35】



【図29】



【図33】

